

**RANCANG BANGUN SISTEM AERATOR TAMBAK
UDANG BERTENAGA BAYU**

SKRIPSI

Oleh:
ASMAUL KHASANAH
NIM 145100201111020



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

RANCANG BANGUN SISTEM AERATOR TAMBAK UDANG BERTENAGA BAYU

Oleh:
ASMAUL KHASANAH
NIM 145100201111020

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pertanian**



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**


LEMBAR PERSETUJUAN

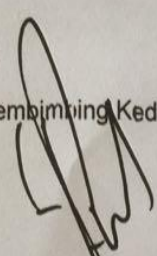
Judul TA : Rancang Bangun Sistem Aerator Tambak
Udang Bertenaga Bayu
Nama Mahasiswa : Asmaul Khasanah
NIM : 145100201111020
Jurusan : Keteknikan Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Menyetujui

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,


Dr. Ir. Gunomo Doyowasito, MS
NIP. 19950212 193103 1 004


Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP
NIP. 19600306 198601 1 001

Tanggal Persetujuan :

Tanggal Persetujuan :

26 APR 2018

LEMBAR PENGESAHAN

Judul TA : Rancang Bangun Sistem Aerator Tambak
 Udang Bertenaga Bayu
 Nama Mahasiswa : Asmaul Khasanah
 NIM : 145100201111020
 Jurusan : Keteknikan Pertanian
 Fakultas : Teknologi Pertanian

sen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Ir. Gunomo Doyowasito, MS
 NIP. 19950212 198103 1 004

Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP
 NIP. 19600306 198601 1 001

Dosen Penguji III,

Dr. Ir. Musthofa Lutfi, MP
 NIP. 19691113 199802 1 002

Ketua Jurusan



Le Chetivya Prawa, STP, MP, Ph.D
 NIP 19780307 200012 2 001

Tanggal Lulus TA :

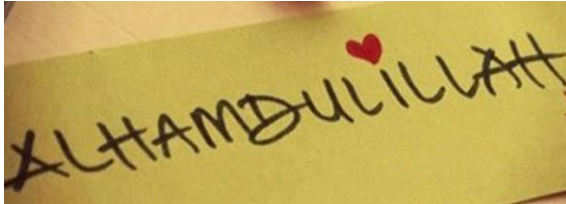
RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Asmaul Khasanah. Lahir di Gresik pada tanggal 4 September 1996 dari Ayah yang bernama H. Imam Qusyairi dan Ibu Hj. Alfiyah.

Penulis menyelesaikan pendidikan TK Dharma Wanita di Desa Wedani Kecamatan Cerme pada tahun 2002, kemudian melanjutkan sekolah dasar di MI Tarbiyatul Aulad Cerme dengan tahun kelulusan 2008, setelah itu melanjutkan ke Sekolah Menengah Tingkat Pertama di MTs Tabiyatul Aulad Cerme dengan tahun kelulusan 2011, dan menyelesaikan Sekolah Menengah Umum di SMAN 1 Cerme pada tahun 2014.

Pada tahun 2018 penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikannya di Universitas Brawijaya Malang di Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian. Selama perkuliahan, penulis pernah aktif di kegiatan organisasi ACRO (Agriculture Robotic) dan menjadi staf magang dipengurusan 2015 - 2016 serta menjabat sebagai bendahara pada kepengurusan 2016 - 2017. Selain itu, penulis juga aktif di beberapa kepanitiaan yang ada di Universitas Brawijaya, baik dalam lingkup jurusan maupun fakultas. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, penulis melakukan penelitian dengan judul **Rancang Bangun Sistem Aerator Tambak Udang Bertenaga Bayu** dibawah bimbingan Bapak Dr. Ir. Gunomo Djoyowasito, MS dan Bapak Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP.



**Alhamdulillah
Terimakasih Ya Allah atas segala nikmat yang
Kau berikan**

**Karya Keci Ini Saya Persembahkan Untuk Kedua Orangtua,
Saudara, serta Teman-teman tercinta**

**“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, Kami pasti akan
menambah nikmat kepadamu, dan jika kamu mengingkari
nikmat-Ku maka sesungguhnya adzab-Ku amatlah pedih”**

Semoga saya termasuk orang yang senantiasa bersyukur

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Asmaul Khasanah
N I M : 145100201111020
Jurusan : Keteknikan Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul TA : Rancang Bangun Sistem Aerator
Tambak Udang Bertenaga Bayu

Menyatakan bahwa,
TA dengan judul diatas merupakan karya asli penulis tersebut di
atas. Apabila di kemudian hari terbukti ini tidak benar saya
bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang , 11 April 2018
Pembuat Pernyataan,

Asmaul Khasanah
145100201111020

ASMAUL KHASANAH. 145100201111020. Rancang Bangun Sistem Aerator Tambak Udang Bertenaga Bayu. Skripsi. Pembimbing I: Dr. Ir. Gunomo Djyowasito, MS. Dan Pembimbing II: Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP.

RINGKASAN

Sektor perikanan merupakan salah satu sektor yang memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia, khususnya udang. Udang merupakan komoditas perikanan andalan Indonesia yang menjadi komoditas ekspor (Jenderal Perikanan, 2014). Menurut Suyanto dkk (2009), berkurangnya kualitas air tambak akibat rendahnya kadar oksigen dapat menyebabkan wabah penyakit untuk tambak udang. Selama ini, masyarakat menggunakan aerator listrik untuk meningkatkan kualitas air tambak udang, sehingga tidak hemat energi. Oleh karena itu, dibuatlah aerator dengan tenaga kincir angin. Penelitian ini dilakukan di daerah tambak Desa Wedani, Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Dimana proses pelaksanaannya dilakukan pada bulan Oktober 2017 - Februari 2018. Dari hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh rata-rata kecepatan angin sebesar 3,16 m/s, dengan jumlah putaran kincir angin sebesar 26,64 rpm dan jumlah putaran pompa spiral sebesar 2,664 rpm. Sedangkan untuk besarnya daya angin teoritis yang diperoleh adalah 15,79 Wh dan besarnya daya angin actual adalah 9,36 Wh. Kemudian besarnya debit air rata-rata sebesar 8,42 cm³/s dengan tinggi tekannya sebesar 52,8 cm. Dari pengujian dengan DO meter, dapat diketahui bahwa aerator pompa spiral ini mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut sebesar 2,08 mg/L.

Kata Kunci: Aerator, Kincir Angin Savonius, Pompa Spiral

ASMAUL KHASANAH. 145100201111020. Design of Wind Powered Aerator System on Shrimp Ponds. Skripsi. Pembimbing I: Dr. Ir. Gunomo Djoyowasito, MS. Dan Pembimbing II: Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP.

SUMMARY

Fisheries is one sector that has an important role in the Indonesia's economy, especially shrimp. Shrimp is a commodity export mainstay of Indonesia (Jenderal Perikanan, 2014). According to Suyanto dkk (2009), reduced water quality due to low oxygen levels cause disease in shrimp. So far, people use electric aerators to improve water quality of shrimp ponds. However, the aerator is not energy efficient. Therefore, a windmill aerator is made on shrimp farming to obtain maximum result. The research was carried out in the pond the Village Wedani - Cerme - Gersik, East Java. Where is the implementation process to be done in October 2017 - February 2018. From the test results obtained an average wind speeds of 3,16 m/s, with the number of turns of windmills of 26,64 rpm and the number of the rounds spiral pump 2,664 rpm. As for the amount of theoretical wind power obtained is 15,79 Wh and the actual wind power obtained is 9,36 Wh. Then, the magnitude of the average water discharge of 8,42 cm³/s with a water burst height of 52,8 cm. from testing by DO Meter, it can be seen that this spiral pump aerator can increase dissolved oxygen content of 2,08 mg/L.

Kata Kunci: Aerator, Spiral Pump, Windmill Savonius.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Aerasi Tambak Udang Bertenaga Bayu” dengan baik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menciptakan sistem aerator tambak udang bertenaga angin sebagai solusi alternatif bagi petani udang dalam mengatasi penurunan kualitas air tambak.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Gunomo Djoyowasito, MS dan Bapak Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP selaku Dosen Pembimbing skripsi yang memberikan masukan selama penulisan proposal disusun.
2. Ibu La Choviya Hawa, STP, MP, PhD selaku Ketua Jurusan Keteknikan Pertanian.
3. Orang tua yang telah memberikan dukungan baik secara riil maupun material.
4. Teman-teman TEP 2014 yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama menyusun proposal skripsi.

Proposal ini masih jauh dari sempurna untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun serta semoga proposal ini bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, 11 April 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Angin	5
2.1.1 Kecepatan Angin	5
2.1.2 Faktor Yang Mempengaruhi Kecepatan dan Arah Angin	8
2.2 Kincir Angin	9
2.2.1 Jenis Kincir Angin	9
2.2.2 Kincir Savonius.....	11
2.3 Kincir Air	12
2.4 Sistem Aerasi	13

2.4.1 Udang.....	15
2.4.2 Spiral Pump.....	15
2.5 Kualitas Air	16
2.6 Debit Air	17
2.7 Hipotesis	18
III. METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Studi Pustaka	20
3.4 Rancangan Alat	20
3.4.1 Rancangan Struktural	20
3.4.2 Rancangan Fungsional.....	23
3.5 Tahap Pengujian	25
3.6 Metode Pelaksanaan.....	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Desain Struktural dan Fungsional Sistem Aerator Tambak Udang Bertenaga Bayu.....	29
4.2 Hasil Rancang Bangun Sistem Aerator Tambak Udang Bertenaga Bayu	30
4.3 Hasil Pengukuran Potensi Angin	33
4.4 Jumlah Putaran Kincir Angin dan Pompa Spiral.....	36
4.5 Kecepatan Putar Teoritis dan Reduksi Putar Turbin	38
4.6 Daya Angin Teoritis dan Daya Angin Actual	40
4.7 Debit Air dan Tinggi Tekan	40
4.8 Oksigen Terlarut (DO)	43
V. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Beaufort.....	6
Tabel 2.2 Nisbah antara Skala Beaufort, Kecepatan Angin dan Tekanan Angin	8
Tabel 2.3 Persyaratan Kualitas Air bagi Tambak Intensif ...	17
Tabel 4.1 Data Kecepatan Putar Teoritis dan Reduksi Putar Turbin	39
Tabel 4.2 Rata-rata Hasil Pengukuran DO Selama 5 Hari Pengamatan	43
Tabel 4.3 Rata-rata Hasil Pengukuran DO Tiap Waktu	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kincir Angin Sumbu Vertikal	10
Gambar 2.2 Kincir Angin Sumbu Horizontal	10
Gambar 2.3 Savonius Tipe-U	12
Gambar 3.1 Desain Alat Aerator	21
Gambar 3.2 Ukuran dimensi alat secara keseluruhan	21
Gambar 3.3 Ukuran dimensi kincir air	21
Gambar 3.4 Ukuran dimensi sudu kincir angin	22
Gambar 3.5 Rancangan Rotor Savonius	22
Gambar 3.6 Sistem Kerja Aerator	24
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4.1 Hasil Rancangan Sistem Aerator	29
Gambar 4.2 Aerator Bertenaga Bayu	30
Gambar 4.3 Kincir Angin Savonius Tipe-U	31
Gambar 4.4 Gigi Differensial	32
Gambar 4.5 Pompa Spiral	33
Gambar 4.6 Rata-Rata Kecepatan Angin perhari Selama Pengamatan.....	34
Gambar 4.7 Rata-Rata KecepatanAngin perwaktuSelama Pengamatan.....	34
Gambar 4.8 Hubungan Antara Kecepatan Angin dengan Rotasi (Rpm)	37
Gambar 4.9 Hubungan Debit Air dengan Tinggi Tekan.....	42
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Oksigen Terlarut dengan Waktu Pengamatan.....	46
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Oksigen Terlarut dengan Kecepatan Putar	47
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Oksigen Terlarut dengan Kecepatan Angin	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dimensi Keseluruhan Alat	58
Lampiran 2. Pengukuran Kecepatan Angin dan Jumlah Putaran.....	60
Lampiran 3. Data Kecepatan Putar Teoritis dan Reduksi Turbin	61
Lampiran 4. Pengukuran Debit Air dan Tinggi Tekan	62
Lampiran 5. Pengukuran Oksigen Terlarut.....	63
Lampiran 6. Dokumentasi Alat	64
Lampiran 7. Dokumentasi Pengujian.....	67
Lampiran 8. Dokumentasi Kegiatan	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor perikanan merupakan salah satu sektor yang memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia, terutama udang. Udang merupakan komoditas perikanan andalan Indonesia yang menjadi komoditas ekspor (Dirjen Perikanan, 2014). Luas area tambak udang di Indonesia saat ini sekitar 344.759 ha atau sekitar 39,78% dari potensi lahan yang tersedia yakni seluas 866.759 ha yang tersebar di seluruh Indonesia. Berdasarkan data tersebut, 80% diantaranya adalah tambak milik petani yang dikelola secara tradisional sehingga produktivitasnya rendah (Arifin *et al.*, 2012).

Berdasarkan data Pengelola Kawasan Pelabuhan Perikanan Riset untuk Kesejahteraan 2012, produktivitas budidaya udang di Indonesia rata-rata sebesar 267 kg/ha per tahun. Produktivitas udang Indonesia lebih rendah dibandingkan negara lain seperti Cina, India dan Thailand. Rendahnya produktivitas tambak udang di Indonesia disebabkan oleh tingkat keberhasilan hidup dan pertumbuhan yang rendah akibat kesalahan manajemen lingkungan dan penerapan teknologi budidaya, serta kualitas air tambak yang kurang baik. Menurut Ferreira *et al.* (2011) kualitas air tambak dipengaruhi oleh parameter fisik dan kimia diantaranya oksigen terlarut, temperatur, salinitas, kekeruhan, pH, nitrogen, amoniak, nitrit, nitrat, fosfat, dan silika; serta parameter biologi yaitu klorofil-a, *koliform fekal*, *Vibrio*, dan jumlah bakteri.

Menurut Suyanto *et al.* (2009) berkurangnya kualitas air tambak akibat rendahnya kadar oksigen dapat menyebabkan wabah penyakit untuk tambak udang. Rendahnya kandungan oksigen dalam air tambak dapat menimbulkan pembusukan

yang menyebabkan akumulasi gas beracun di dalam air seperti amoniak (NH_3), karbon dioksida (CO_2), dan nitrit (N_3) sehingga udang stres. Kondisi stres pada udang yang berkelanjutan menyebabkan daya imunitas udang terhadap penyakit menurun sehingga banyak udang yang mati dan produktivitas tambak udang berkurang.

Selama ini, masyarakat Indonesia menggunakan aerator listrik untuk meningkatkan kualitas air tambak udang. Aerator listrik menggunakan energi listrik sebagai energi utama sehingga tidak hemat energi. Selain itu, aerator listrik tidak sesuai diaplikasikan pada daerah terpencil yang belum terjangkau listrik dari pemerintah. Maka dari itu, dilakukan inovasi baru dengan penggunaan kincir angin pada pompa spiral sebagai aerator. Penggunaan kincir angin tersebut dikarenakan besarnya potensi energy angin yang ada, sehingga sangat potensial untuk mengurangi ketergantungan terhadap listrik. Aerator berbasis energi angin ini menjadi solusi kurangnya sirkulasi oksigen pada tambak udang sehingga menghasilkan udang yang sehat serta produktivitasnya meningkat. Selain memiliki nilai kebermanfaatan tanpa menghasilkan polusi, alat ini juga tanpa menggunakan listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Secara umum rumusan masalahnya adalah “Bagaimana teknologi *spiral pump* aerator ini dapat bekerja dengan baik”. Sedangkan secara khusus permasalahannya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang *spiral pump* aerator?
2. Bagaimana pembuatan rancang bangun *spiral pump* aerator sehingga dapat meningkatkan nilai oksigen terlarut pada tambak udang?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang *spiral pump* aerator.
2. Mengetahui pembuatan rancang bangun *spiral pump* aerator sehingga dapat meningkatkan nilai oksigen terlarut pada tambak udang

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari pelaksanaan penelitian ini adalah dapat menambah wawasan baru tentang teknologi baru yang dapat diaplikasikan untuk mengatasi permasalahan penurunan kualitas air tambak udang dan dapat digunakan sebagai media aktualisasi dan penerapan teknologi spiral pump sebagai solusi alternatif bagi para petani tambak udang dalam menyediakan aerator yang hemat energi, murah dan efektif pada kolam air yang baik.

1.5 Batasan Masalah

1. Tidak membahas konversi energy lain pada proses pembuatan aerator.
2. Bahan konstruksi alat sesuai dengan yang tersedia dipasaran.
3. Adanya faktor gesekan pada kincir angin dan sistem aerasi diabaikan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Angin

Angin adalah massa udara yang bergerak dari tekanan udara tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Angin dapat bergerak secara vertikal maupun horizontal dengan kecepatan yang bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis. Faktor pendorong bergeraknya massa udara adalah karena adanya perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat lainnya (Daryanto, 2005). Perbedaan tekanan udara tersebut disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Angin memiliki energy kinetic karena udara memiliki massa m dan bergerak dengan kecepatan v (Rachmawati, 2010).

2.1.1 Kecepatan Angin

Berdasarkan data satelit WindSat tahun 2004-2014, rata-rata kecepatan angin terbesar terjadi pada bulan April hingga September. Bulan April sampai September (musim kemarau di Indonesia) atau dikenal dengan muson timur mempunyai kecepatan angin minimum 6 m/s dan kecepatan angin maksimum 12 m/s. Wilayah perairan Indonesia yang memiliki kecepatan angin terbesar, berada pada sisi selatan khatulistiwa. Dimana wilayah-wilayah tersebut berada pada laut Jawa hingga selat Karimata, laut Arafuru sampai laut Banda, hingga laut Hindia sampai Nusa Tenggara (Dida, 2016).

Kecepatan Angin dapat dinyatakan dengan m/dt, km/jam atau mil/jam. Dalam bidang pelayaran, kecepatan angin sering dinyatakan dengan knot dimana 1 knot = 1 mil laut/jam. Francis Beaufort pada tahun 1895 membuat skala kekuatan angin untuk mengetahui sifat - sifat angin yang disebut skala *Beaufort*.

Dalam skala tersebut kecepatan angin dibedakan atas 13 tingkat, yaitu dari tingkat 0 ada angin bertiup sampai tingkat 12 angin topan dahsyat (Waryono dan Gunawan, 1987). Skala beaufort dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Skala Beaufort

No	Sifat	Akibat Kekuatan Angin	Kecepatan	
			Km/jam	Mil/jam
0	Sunyi, tedah (<i>calm</i>)	Tidak ada angin, asap mengepul tegak	<1	<1
1	Angin sangat-sangat lemah (<i>light air</i>)	Arah angin terlihat pada arah asap, tidak pada bendera angin	1-5	1-3
2	Angin sangat lemah (<i>light breeze</i>)	Angin terasa pada muka daun ringan bergerak	6-11	4-7
3	Angin lemah (<i>gentle breeze</i>)	Daun dan ranting-ranting kecil terus menerus bergerak	12-19	8-12
4	Angin sedang (<i>moderate breeze</i>)	Debu dan kertas-kertas tertiup, ranting dan cabang bergerak	20-28	13-18
5	Angin tegak kuat (<i>fresh breeze</i>)	Pohon-pohon kecil bergerak, buih putih di air laut	29-38	19-24
6	Angin kuat (<i>strong breeze</i>)	Dahan-dahan besar bergerak suara mendesir dikawat telegraf	39-49	25-31
7	Angin kencang (<i>moderate gale</i>)	Pohon-pohon seluruhnya bergerak, berjalan diluar sukar	50-60	32-38
8	Angin sangat kuat (<i>fresh gale</i>)	Ranting-ranting pohon patah berjalan menentang angin berat	62-74	39-46

9	Badai (<i>moderate gale</i>)	Kerugian kecil kepada rumah, genting rumah tertiuip	75-88	47-54
10	Badai kuat (<i>whole gale</i>)	Pohon-pohon tumbang, kerusakan besar pada rumah-rumah	89-102	55-63
11	Angin rebut prahara (<i>storm</i>)	Kerusakan karena badai didaerah yang luas	103-117	64-72
12	Angin topan dahsyat (<i>hurricane</i>)	Pohon-pohon tumbang,rumah-rumah rusak hebat	>118	>73

Untuk menyatakan kekuatan angin bagi keperluan meteorologi dahulu dipergunakan skala *Beaufort*, yang dewasa ini diganti dengan skala metrik (kecepatan dalam m/dt). Alat pengukur kecepatan angin adalah *Anemometer* yang terdiri atas sebuah kincir kecil dengan 4 paroan bola yang meligat pada poros vertikal pada bidang yang horizontal. Karena semua sisi yang cekung menerima tekanan yang besar dari pada sisi yang cembung, sehingga kincir itu akan berputar (Wartena dan Soebandi, 1987). Nisbah antara skala *beaufort*, kecepatan angin dan tekanan angin, dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2. Nisbah antara Skala Beaufort, Kecepatan Angin dan Tekanan Angin

Beaufort	m/dt	N/m ²	Penjelasan
1	4	13	Angin Lemah
2	7	39	Angin Sedang
3	9	65	Angin Kuat
4	11	97	Angin Yang Sangat
5	14	157	Angin Rebut
6	16	205	-
7	19	289	Badai
8	23	423	-
9	28	540	Badai Kuat
10	33	872	-
11	38	1160	Topan
12	43	1480	-

2.1.2 Faktor Yang Mempengaruhi Kecepatan dan Arah Angin

Kecepatan dan arah angin yang berhembus setiap saat dipengaruhi oleh berbagai faktor (Waryono dan Gunawan, 1987) yaitu :

1. Gradien Tekanan, yaitu perbedaan tekanan tiap kesatuan jarak horizontal. Arah gradien tekanan tegak lurus dengan arah isobar. Semakin besar gradien tekanan, maka semakin cepat angin tertiuip.
2. Gaya Coriolis, yaitu gaya pembelok akibat rotasi bumi. Gaya ini disebabkan karena bumi berotasi. Selama beritaksi tersebut kecepatan linier setiap lintang tersebar diekuator dan terkecil dikutub.
3. Kekuatan geseran, kekuatan ini berlawanan dengan arah gerakan karena itu bersifat mengerem. Kekuatan ini disebabkan karena pergeseran angin dengan permukaan bumi yang kasar (pohon-pohonan, rumah, gunung dan sebagainya). Itulah sebabnya semakin tinggi udara, maka kecepatan angin semakin besar.
4. Kekuatan sentrifugal, kekuatan ini terjadi pada angin yang bergerak melingkar. Untuk angin yang bergerak lurus, kekuatan sentrifugal ini mempunyai arah meninggalkan titik pusat gerakan.

2.2 Kincir Angin

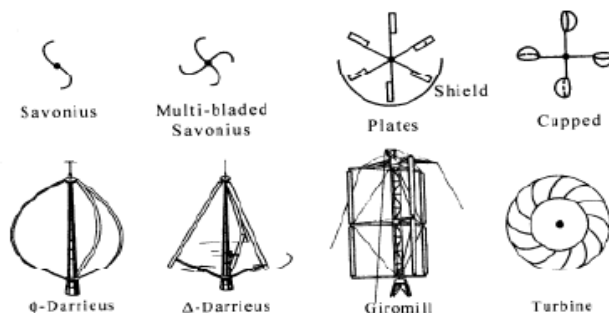
Kincir angin merupakan alat yang digunakan dalam sistem konversi energy angin. Dimana kincir angin ini berfungsi merubah energy kinetic angin menjadi energy mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut digunakan untuk beberapa hal yang sesuai dengan kebutuhan. Seperti memutar kincir air dan pompa spiral pada proses aerasi.

2.2.1 Jenis Kincir Angin

Menurut Daryanto (2007), kincir angin dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan arah sumbu, yaitu :

1. Kincir angin dengan sumbu vertikal
Kincir angin ini bekerja dengan prinsip yang sama seperti kelompok horizontal, namun sudunya berputar dalam

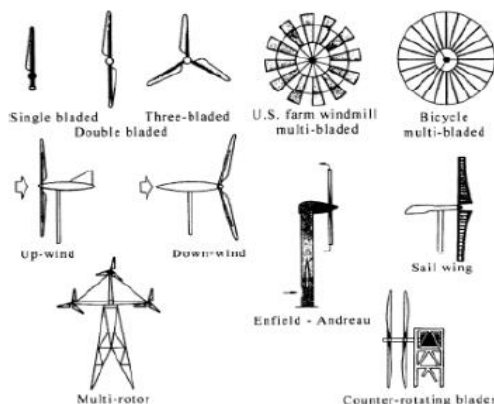
bidang yang paralel dengan tanah. Contoh : kincir Savonius, tipe Darrius. Desain dari kincir angin tersebut, dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



Gambar 2.1 Kincir Angin Sumbu Vertikal (Nakhoda, 2015).

2. Kincir angin dengan sumbu horizontal

Kincir angin ini mempunyai dua sudu yang berputar dalam bidang vertikal seperti halnya propeller pesawat terbang. Contohnya : kincir angin sudu majemuk, kincir layar, kincir tubin/ turbin propeller. Desain dari kincir angin tersebut, dapat dilihat pada **Gambar 2.2**



Gambar 2.2 Kincir Angin Sumbu Horizontal (Nakhoda, 2015).

Setiap kincir angin memiliki ukuran dan efisiensi yang berbeda. Untuk memilih jenis kincir angin yang tepat untuk suatu kegunaan diperlukan tidak hanya sekedar pengetahuan tetapi juga pengalaman. Pada umumnya kincir angin yang mempunyai jumlah sudu banyak akan mempunyai torsi besar. Kincir air jenis ini banyak digunakan untuk keperluan mekanikal seperti pemompaan air. Sedangkan kincir angin dengan jumlah sudu sedikit biasanya digunakan untuk keperluan pembangkit listrik. Kincir angin jenis ini mempunyai torsi rendah tetapi putaran rotor yang besar (Martino, 1992).

2.2.2 Kincir Savonius

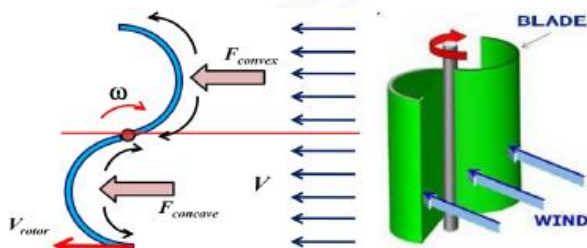
Rotor savonius adalah sebuah mesin angin yang dibuat dari bahan yang sangat murah yaitu sebuah drum minyak yang dibelah dua dan dipasang diatas sebuah kerangka kayu. Para petani menggunakannya untuk memompa air keatas guna mengairi ladang-ladang mereka (Ikeda, 2008). Selanjutnya dikatakan juga bahwa mesin angin ini dapat dibuat dengan mudah dan murah, serta banyak dipakai dinegara-negara yang sedang berkembang khususnya wilayah Afrika dan Asia. Meskipun rotor Savonius berguna sebagai pompa, tetapi tidaklah cukup bertenaga untuk membangkitkan listrik.

Secara resmi kincir angin Savonius dibuat oleh Sigurd J. Savonius dari Finlandia di awal tahun 1920-an. Kincir ini memiliki sudu yang berbentuk setengah lingkaran yang disusun berhadapan dan jika dilihat dari atas maka akan berbentuk seperti huruf "S". Sampai saat ini kincir angin Savonius telah banyak digunakan secara meluas terutama didaerah yang memiliki kecepatan angin rendah. Meski putaran yang dihasilkan rendah (kecepatan angin rendah), tetapi kincir angin Savonius memiliki torsi yang besar. Sehingga sangat cocok digunakan untuk tenaga penggerak mekanis seperti pemompaan air, penggilingan biji-bijian dan lain-lain.

Menurut Menet (2004), kincir angin Savonius memiliki kelebihan diantaranya adalah :

1. Bentuk sudu sederhana, sehingga mudah untuk dibuat dan biaya yang dikeluarkan relatif murah.
2. Kerja pada aliran turbulensi yang baik.
3. Torsi yang dihasilkan tinggi meski dioperasikan pada kecepatan angin rendah.
4. Tidak tergantung arah angin sehingga dapat dioperasikan dimana saja.

Menurut Sadaaki (2003), pada bentuk Kincir Savonius tipe-S aliran udara di kedua sisi sudu sama besar, sementara pada rancangan kincir Savonius tipe-L aliran udara pada sisi sudu yang lurus lebih besar dibandingkan dengan sisi sudu lengkung seperempat lingkaran. Bentuk kincir angin savonius, dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Savonius Tipe-U (Ali, 2013).

2.3 Kincir Air (*Puddle Wheel*)

Puddle wheel merupakan komponen aerator tipe kincir yang berfungsi sebagai alat aerasi suatu kolam atau tambak dengan motor listrik atau kincir angin sebagai tenaga penggeraknya. Alat ini biasanya berbentuk kincir vertikal dengan sudu yang dirancang khusus untuk mengaduk dan melemparkan air ke udara pada waktu berputar. Dampak yang diharapkan dengan cara ini adalah memperbesar kontak partikel

air dengan udara, sehingga akan meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air (Daryanto, 2007).

Model sudu pada kincir air sangat berpengaruh pada efektivitas pelarutan oksigen. Misalnya kincir air dengan kemiringan sudu 0° akan memiliki lemparan air ke udara rendah, otomatis luasan partikel air yang bersinggungan dengan udara kecil, sehingga pelarutan oksigen ke dalam air juga kecil. Dewasa ini mulai dikembangkan model sudu dengan bentuk mangkok (U dan V) dengan kemiringan sudu 45° . Dengan model tersebut akan memperbesar daya lempar partikel air ke udara. Sehingga semakin tinggi volume partikel air di udara maka akan semakin tinggi pula kontak partikel air dengan udara. Otomatis pelarutan oksigen ke air semakin besar (Sadaaki, 2003).

Menurut Gary (2008), besar kecilnya pelarutan oksigen dengan menggunakan kincir air lebih dipengaruhi oleh kedalaman sudu dia air daripada kecepatan rotasi sudu ketika alat ini bekerja. Semakin cepat rotasi sudu, pelarutan oksigen justru mengalami penurunan. Sedangkan menurut Sholichin (1997), berdasarkan hasil uji coba kinerja kincir air dikolam tanbak udang dengan berbagai variasi perlakuan putaran, bentuk lubang sudu dan kedalaman sudu masuk kedalam air, dihasilkan nilai oksigen yang terlarut dalam air pada kondisi optimal dan layak dan dapat beroperasi adalah pada putaran 100 rpm, bentuk lubang sudu bulat dan kedalam sudu masuk dalam air 30 mm.

2.4 Sistem Aerasi (Pengudaraan)

Prinsip aerasi adalah memberi kontak udara terhadap permukaan badan air. Termasuk tujuan terpenting aerasi adalah oksigenasi (meningkatkan DO dalam air). Teknik-teknik aerasi antara lain (Solichin, 1997) :

- Aerasi difusi : menghembuskan gelombang kedalam air (untuk akuarium).
- Aerasi semprot : air disemprotkan ke udara (ditambah udang menggunakan kincir, atau air mancur).
- Aerasi wadah bertingkat : air terjun dari satu wadah ke wadah lebih rendah menghasilkan air terjun (biasanya digunakan ditemoat pasar ikan supermarket).
- Aerasi banyak permukaan : air mengalir pada permukaan terbuka yang lebar dan kedalaman airnya tipis saja.
- Aerasi pemancaran jalan air : jika air disemprotkan kekolam sebelum mencapai permukaan air, terhambat oleh halangan sehingga airnya menyebar untuk meningkatkan jumlah kontak udara dengan badan air.

Menurut Kumar *et al.* (2013) aerator sangat diperlukan untuk menjaga lingkungan agar tetap sesuai dengan tingkat fisiologi yang dibutuhkan pada budidaya perairan intensif dan semi intensif. Pada budidaya perairan intensif, permintaan oksigen dari spesies yang dibudidayakan tidak bisa dicapai hanya dengan proses aerasi alamiah. Aerator dapat meningkatkan luas permukaan air yang kontak dengan udara sehingga transfer oksigen juga meningkat secara serempak karena sirkulasi air menjadi lebih lancar.

Aerator jenis kincir terbukti paling efisien. Keunggulan dari aerator kincir antara lain mekanisme aerasi sangat efektif yakni menyemprotkan air ke udara sekaligus memasukkan udara ke dalam air, fungsi sirkulasi baik, menghasilkan aerasi yang merata, konstruksi sederhana namun handal, pemeliharaan mudah, serta biaya operasi rendah.

2.4.1 Udang

Udang merupakan komoditas perikanan andalan Indonesia yang menjadi komoditas ekspor, terutama udang vaname dan udang windu (Dirjen Perikanan, 2014). Luas area tambak udang di Indonesia saat ini sekitar 344.759 ha atau 39,78% dari potensi lahan yang tersedia yakni seluas 866.759 ha yang tersebar di seluruh Indonesia. 80% dari luas tambak udang tersebut merupakan tambak milik petani yang dikelola secara tradisional sehingga produktivitasnya rendah (Arifin *et al.*, 2012). Rendahnya produktivitas tambak udang merupakan permasalahan utama usaha budidaya udang di Indonesia. Berdasarkan data Pengelola Kawasan Pelabuhan Perikanan Riset untuk Kesejahteraan 2012, produktivitas tambak udang Indonesia per tahun rata-rata 267 kg/ha, lebih rendah dibandingkan dengan Cina (538 kg/ha), India (750 kg/ha) dan Thailand (2444 kg/ha).

2.4.2 Spiral Pump

Menurut Kassab *et al.* (2005) *spiral pump* (pompa spiral) merupakan salah satu alat pemompa air non-konvensional yang dalam situasi praktis menggunakan sumber energi non-konvensional pula. Kekuatan pendorong dari pompa spiral berasal dari aliran angin, arus air, atau sungai. Prinsip kerja pompa spiral yaitu, air masuk melalui mulut selang yang dilingkarkan pada tabung. Ketika tabung diputar, air masuk kemudian berjalan sepanjang selang yang digulung hingga naik pada tingkat yang lebih tinggi secara signifikan dimana pompa spiral berakhir. Pompa spiral dicelupkan sebagian dalam air dengan *Submerged Ratio* tertentu. Pada *Submerged Ratio* (Sr) 100% tidak ada air yang mengalir dikarenakan tidak ada udara yang masuk ke dalam selang. *Submerged Ratio* yang sering digunakan adalah 50% dengan kecepatan rotasi 59,6 rpm. Pada kecepatan rotasi tersebut, jumlah lilitan yang memberikan hasil

yang baik adalah 29.5 lilitan selang. Pada penelitian Kassab *et al.* (2006) yang lebih lanjut, diperoleh hasil terbaik yakni debit air 1800 liter/jam ketika diameter dalam selang 1,5 inci dan diameter luar tabung 16 inci.

2.5 Kualitas Air

Menurut Ferreira *et al.* (2011) kualitas air tambak udang dipengaruhi oleh parameter kimia seperti oksigen terlarut, salinitas, pH, nitrogen, amonia, fosfat, nitrit dan nitrat; parameter fisik seperti temperatur dan kekeruhan; serta parameter biologi diantaranya klorofil-a, koliform fekal, *Vibrio*, dan jumlah bakteri. Udang dapat tumbuh optimal pada kisaran pH 6 sampai dengan 9 dengan batas maksimal jumlah materi tersuspensi sebesar 100 mg/L serta konsentrasi maksimum amonia sebesar 2 mg/L.

Menurut Ferreira *et al.* (2011) konsentrasi minimal DO (oksigen terlarut) yang dibutuhkan spesies udang agar dapat bertahan hidup adalah sebesar 4–6 mg/L dan pertumbuhan udang akan terhambat jika kadar DO kurang dari 2 mg/L. Menurut Suyanto *et al.* (2009) kadar oksigen yang rendah dalam air tambak dapat menimbulkan pembusukan sehingga menyebabkan akumulasi gas beracun di dalam air seperti amoniak (NH_3), karbon dioksida (CO_2), dan nitrit (N_3) yang menyebabkan kondisi udang menjadi stres. Kondisi stres pada udang yang berkelanjutan menyebabkan daya imunitas udang terhadap penyakit akan menurun sehingga banyak udang mati.

Faktor lain yang menentukan kualitas air tambak adalah salinitas atau kadar garam. Salinitas mempengaruhi proses penyerapan oksigen dari air media ke dalam tubuh udang. Peningkatan salinitas akan meningkatkan energi yang dibutuhkan untuk osmoregulasi sehingga laju metabolisme dalam tubuh udang juga meningkat (Ferreira *et al.*, 2011). Untuk mengantisipasi terjadinya kekurangan oksigen terlarut dalam air tambak dilakukan pergantian air dan proses aerasi. Jika jumlah

oksigen dalam air tidak mencukupi akan mengakibatkan penurunan kondisi kesehatan udang bahkan kematian (Velazco, 2010). Untuk persyaratan kualitas air yang baik bagi tambak intensif menurut Sukarmidjaya *et al.* (2002), dapat dilihat pada **Tabel 2.3.**

Tabel 2.3. Persyaratan Kualitas Air bagi Tambak Intensif

No	Parameter	Satuan	Batas Toleransi	Optimum
1	Salinitas	Ppt	20-15	20-15
2	Suhu	°C	26-23	29-30
3	Kecerahan	Cm	25-60	30-40
4	pH air	-	7.5-8.7	8.0-8.5
5	O ₂ terlarut (DO)	Mg/l	3-10	4-7
6	NH ₄ -N	Ppm	1.0	0
7	NO ₂ -N	Ppm	0.25	0
8	H ₂ S	Ppm	0.001	0
9	Fe ₂ ⁺	Ppm	0-0.03	0.01

2.6 Debit Air

Debit aliran adalah besaran yang menunjukkan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang tiap satuan waktu. Biasa dirumuskan $Q = \frac{V}{t}$ atau $Q = v.A$. Untuk fluida tak kompresibel, hasil kali laju aliran fluida dengan luas penampang selalu tetap. Sehingga debit air yang masuk diujung kiri pipa sama dengan debit air yang keluar diujung kanan pipa. Pernyataan ini disebut sebagai pernyataan kontinuitas yang dirumuskan $Q_1 = Q_2$ atau $A_1 v_1 = A_2 v_2$ dimana Q adalah debit aliran fluida (m³/s), V adalah volume fluida (m³), v adalah kecepatan (m/s), A adalah luas penampang (m²), sedangkan t adalah waktu yang ada (s) (Dwiyantoro, 2007).

2.7 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas, dapat diketahui bahwa produktivitas udang di Indonesia menurun karena kualitas air tambak udang yang kurang baik. Sehingga diperlukannya proses aerasi yaitu proses pemberian kontak udara terhadap permukaan badan air. Maka dari itu, dibuatlah aerasi dengan teknik semprot untuk menyemprotkan air ke udara. Beberapa peneliti, biasanya menggunakan satu teknik aerasi, akan tetapi pada penelitian ini digunakan gabungan antara *puddle wheel* dengan pompa spiral sehingga diharapkan mampu meningkatkan kualitas air tambak udang yang lebih baik. Pada umumnya aerator digerakkan dengan tenaga listrik, akan tetapi pada penelitian ini akan dibuat aerator dengan menggunakan kincir angin sebagai tenaga penggerakannya. Hal ini dikarenakan besarnya potensi angin yang ada, sehingga diharapkan mampu mengurangi penggunaan listrik pada area tambak serta kandungan oksigen terlarut pada tambak udang tetap terjaga dengan baik.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di daerah tambak Desa Wedani, Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik, Jawa Timur pada bulan Oktober 2017 - Februari 2018.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Las listrik dan karbit sebagai penyambung pembuatan desain
2. Roller sebagai pembentuk ring untuk rangka cerobong
3. Cutting sebagai pemotong
4. Gerinda sebagai alat pemoles
5. Gergaji sebagai pemotong bahan
6. Bor listrik sebagai pelubang
7. Mesin bubut sebagai pembuat As
8. Windmeter digital sebagai pengukur kecepatan angin
9. Rollmeter sebagai alat pengukur panjang
10. Tachometer sebagai pengukur putaran (rpm)
11. Kunci pas sebagai pengencang dan pengendor baut

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Besi As 2.54 cm sebagai As yang menghubungkan antara kincir dengan gear diferensial
2. Plat galvalum sebagai bahan dalam pembuatan kincir angin
3. Besi siku 40 x 40 mm dan 50 x 50 mm sebagai penyangga kincir angin
4. Plat strip sebagai bahan penyangga alat

5. Nozzle sebagai penyemprot air
6. Drum 2 buah sebagai pelampung
7. Gear diferensial untuk mengkonversi putaran As
8. Pipa spiral 2.54 cm untuk mengambil air
9. Plat besi 2 mm sebagai bahan tambahan
10. Mur, baut dan rivet sebagai pengunci alat
11. Tali raffia dan kayu sebagai pembatas kolam uji
12. Kawat las untuk menggabungkan masing-masing komponen.

3.3 Studi Pustaka

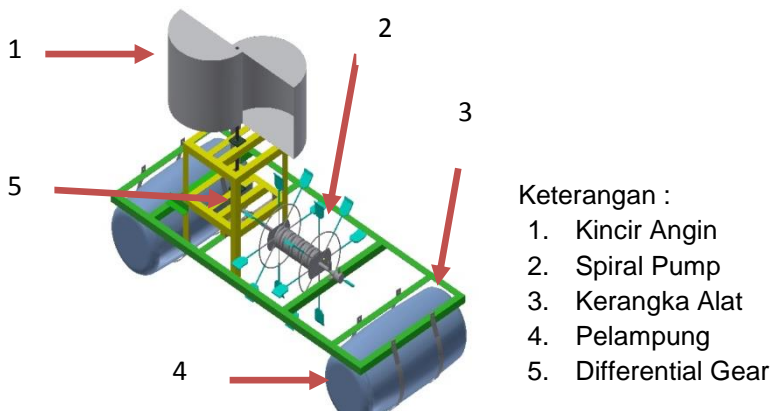
Metode ini digunakan untuk mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan perancangan dan pembuatan alat. Pustaka yang digunakan yaitu berupa buku-buku teks yang berupa tulisan ilmiah, *handbook*, *e-book*, buku referensi mata kuliah dan juga tulisan-tulisan bebas seperti tulisan pada suatu forum maya, artikel bebas dari suatu situs, dan tulisan surat kabar baik berupa *hard copy* maupun *soft copy*.

3.4 Rancangan Alat

Rancangan alat yang digunakan meliputi dua macam yaitu rancangan struktural dan rancangan fungsional.

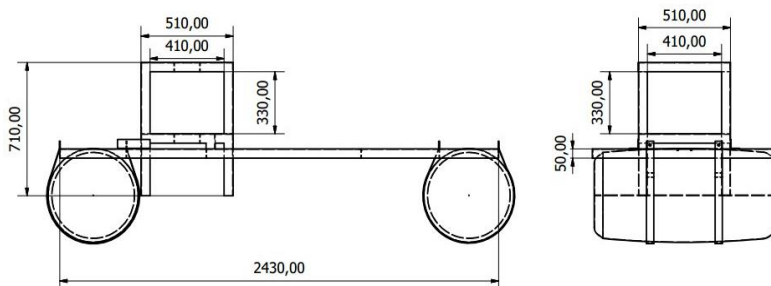
3.4.1 Rancangan Struktural

Sebagai tahap penerapan studi pustaka yang telah dilakukan, tahap yang dilakukan selanjutnya adalah melakukan pembuatan *spiral pump* aerator dengan cara membuat desain visualnya. Rancangan Aerator tambak udang ini didesain dengan menggunakan *software AutoCad 2010*. Desain keseluruhan alat dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.

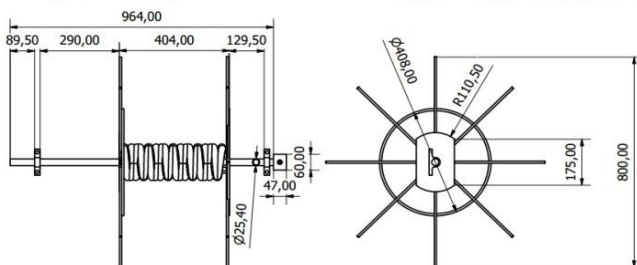


Gambar 3.1. Desain Alat Aerator

Sedangkan untuk dimensi dari rancangan aerator tambak udang, disajikan pada **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.3** berikut ini.

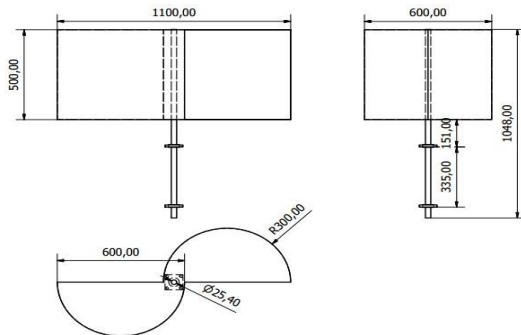


Gambar 3.2. Ukuran dimensi alat secara keseluruhan



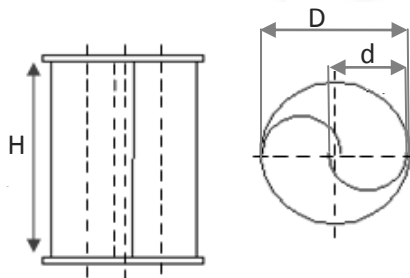
Gambar 3.3. Ukuran dimensi kincir air

Selanjutnya untuk dimensi dan bentuk dari sudu kincir angin, disajikan pada **Gambar 3.4**



Gambar 3.4. Ukuran dimensi sudu kincir angin

Salah satu rancangan rotor savonius menurut Menet (2004), dapat dilihat pada **Gambar 3.5** berikut ini



Gambar 3.5 Rancangan Rotor Savonius

Bagian alat dari sistem aerasi ini adalah :

1. Kincir angin savonius

Kincir angin ini memiliki dua bilah sudu horizontal seperti huruf U dengan overlap 10. Bahan yang digunakan adalah plat galvalum, dimana pada kedua sisi atas bawahnya diberi penutup. Kincir ini memiliki poros berbentuk besi silinder yang dihubungkan dengan differensial gear dengan ukuran diameter 60 cm dan tinggi 50 cm. kincir ini dihubungkan dengan pipa besi dengan diameter 1 inchi sepanjang 75 cm.

2. Kerangka penyangga

Kerangka penyangga ini terdiri dari empat batang besi yang dirancang untuk mengangga bagian kincir angin dengan ukuran tinggi 30 cm dan panjang 40 cm. sedangkan untuk total panjang kerangka penyangga ini adalah 240 cm, mulai dari drum 1 ke drum 2.

3. Pompa spiral

Pompa spiral adalah gabungan dari kincir air dengan lilitan selang. Untuk kincir airnya sendiri terbuat dari pipa besi dengan diameter 40 cm dan panjang 40 cm. Pada bagian kincir ini dipasang sebuah besi panjang dengan diameter 1 cm yang berjumlah 8 buah mengelilingi lingkaran. Selanjutnya dililitkan selang dengan diameter 1 inchi pada bagian kincir tersebut.

4. Pelampung

Pelampung adalah bagian paling bawah dari aerator yang terbuat dari dua buah drum kecil dengan panjang 90 cm dan jari-jari 25 cm. pelampung ini mampu menahan beban hingga 340 kg, dimana untuk berat aerator ini sekitar 120 kg.

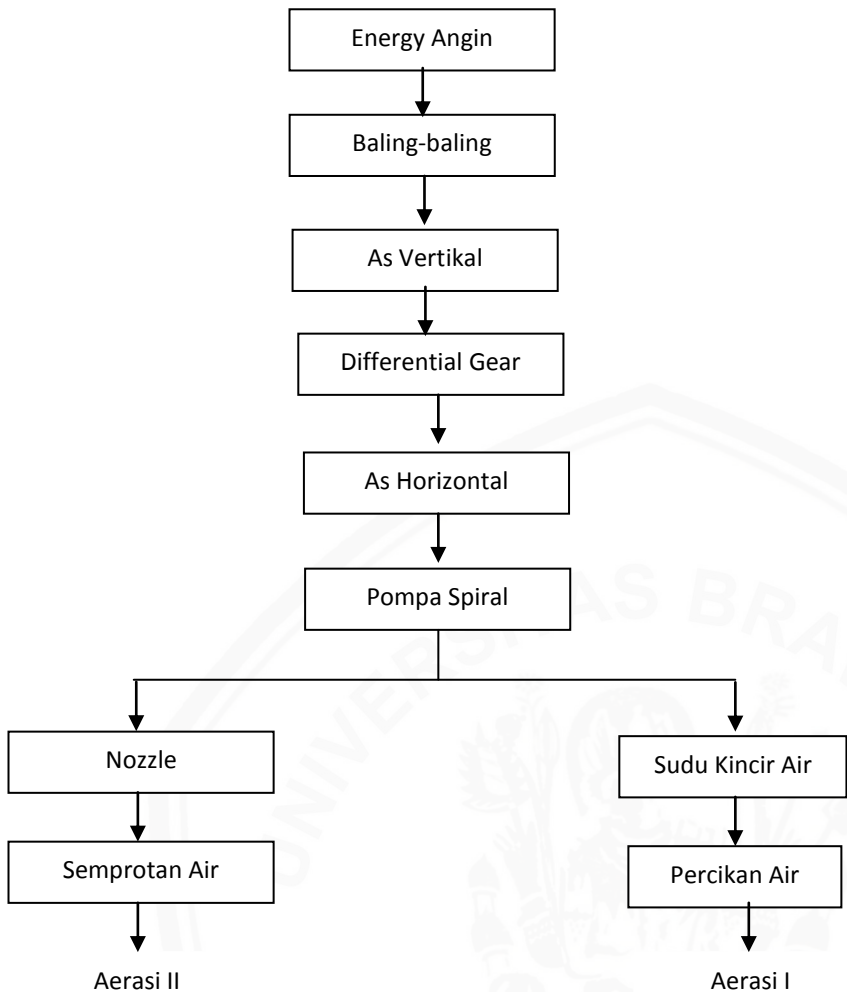
5. Kolam uji

Untuk kolam uji yang digunakan adalah sebuah tambak yang akan diberi sekat dengan plastic atau terpal dengan panjang 300 cm, lebar 300 cm, dan tinggi 100 cm.

3.4.2 Rancangan Fungsional

Prinsip kerja dari alat ini adalah ketika angin berhembus dengan kecepatan tertentu akan menabrak salah satu permukaan sudu pada kincir angin savonius tipe-U, hal tersebut akan memutarakan kincir dan poros secara bersamaan. Disini poros berperan sebagai penerus daya dari kincir ke gigi deferensial. Pada ujung bawah poros kincir terdapat gigi differensial yang fungsinya disini sebagai pengkonversi dari putaran horizontal ke putaran vertical untuk menggerakkan pipa

spiral. Pipa spiral akan mengambil air melalui pipa increaser dan akan diteruskan ke nozzle untuk disemprotkan keluar. Sistem kerjanya dapat dilihat pada **Gambar 3.6** berikut ini :



Gambar 3.6. Sistem Kerja Aerator

Bagian dari sistem aerator ini adalah :

1. Kincir angin savonius, berfungsi sebagai penggerak alat ketika terhembus oleh angin.
2. Kerangka penyangga, berfungsi sebagai tempat dudukan kincir angin dan kincir air.
3. Poros, berfungsi sebagai penerus daya dari kincir ke gigi differential.
4. Differential gear, berfungsi sebagai transmisi gerak dari putaran As pada kincir angin ke pipa spiral.
5. Kolam uji, berfungsi sebagai tempat pengujian alat.

1.5 Tahap Pengujian

Pengujian alat dilakukan setelah perancangan alat *Spiral Pump* aerator. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji kelayakan alat sehingga bisa berfungsi dengan baik. Beberapa pengujian yang harus dilakukan adalah :

1. Kecepatan angin
Kecepatan angin diukur menggunakan windmeter.
2. Kecepatan putar teoritis pada kecepatan angin tertentu (rpm)
Kecepatan putar teoritis dihitung dengan persamaan 1.

$$N_T = \left(\frac{v}{D \times \pi} \right) \times 60 \dots\dots\dots (1)$$
3. Reduksi putar turbin
Reduksi putar turbin dihitung dengan persamaan 2.
Dimana N_A adalah kecepatan putar aktual yang diukur dengan tachometer.

$$N_A = N_T \times \text{Red} \quad \text{atau} \quad \text{Red} = N_A / N_T \dots\dots\dots (2)$$
4. Energi angin teoritis pada kecepatan angin tertentu
Menurut Napitupulu, *et. al.* (2013), daya angin teoritis dihitung dengan persamaan 3.

$$P_T = 0.5 \times \rho \times (D \times t_1) \times v^3 \dots\dots\dots(3)$$

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Farid (2013), dengan penggunaan diameter turbin 80 cm dan panjang 50 cm didapatkan daya optimal sebesar 3.3 watt. Sedangkan pada penelitian lain yang dilakukan oleh Lutfi (2013), dengan penggunaan diameter turbin 20 cm dan panjang 36 cm didapatkan daya optimal sebesar 0.5 watt.

5. Energi angin aktual pada kecepatan angin tertentu
Menurut Rudianto, *et. al.* (2016), energi angin aktual dihitung dengan persamaan 4, dengan Asumsi : Menurut park (1981), efisiensi maksimal yang dapat dihasilkan oleh kincir angin savonius adalah sekitar 59,3 %.

$$P_A = P_T \times \text{Eff} \quad \text{atau} \quad P_A = 2 \pi n T \dots\dots\dots(4)$$

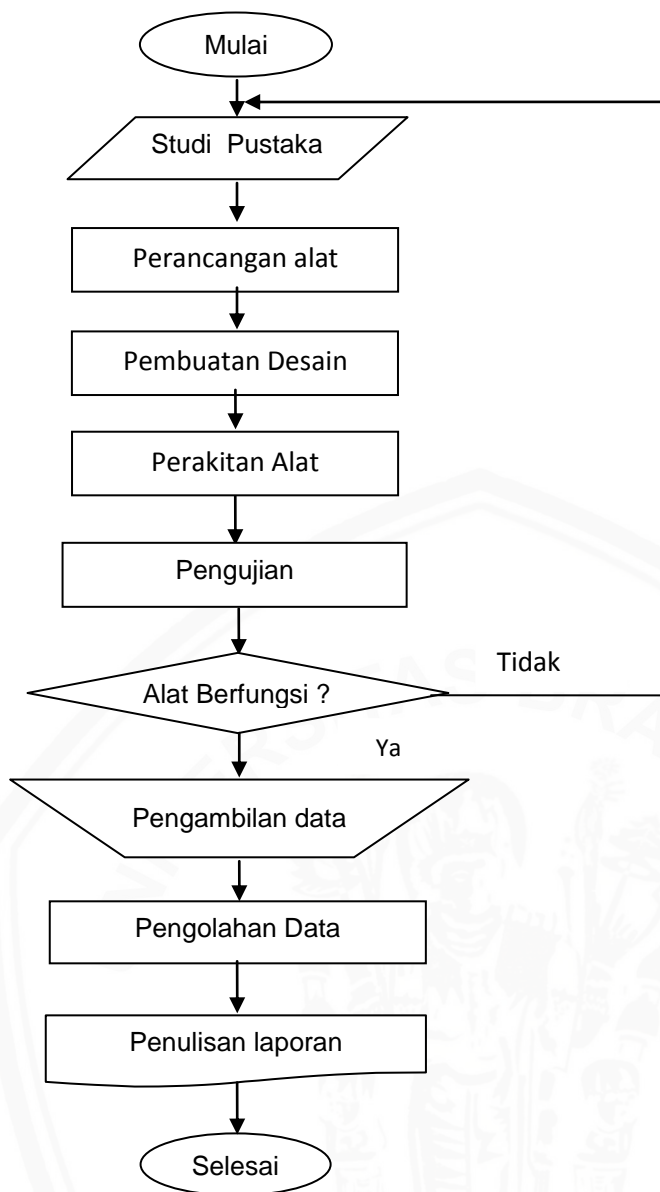
6. Debit air
Debit air dapat dihitung dengan persamaan 5.

$$Q = \frac{V}{t_2} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- D = Diameter turbin angin (m)
- t₁ = Panjang turbin (m)
- ρ = Massa jenis udara (1,2 kg/m³)
- v = Kecepatan angin (m/s)
- n = Putaran rotor (rpm)
- T = Torsi (Nm)
- P_A = Energi angin actual
- P_T = Energi angin teoritis
- Q = Debit aliran fluida (m³/s)
- V = Volume fluida (m³)
- t₂ = Waktu (s)
- Eff = efisiensi (%)
- Red = Reduksi putar turbin

3.6 Metode Pelaksanaan Penelitian



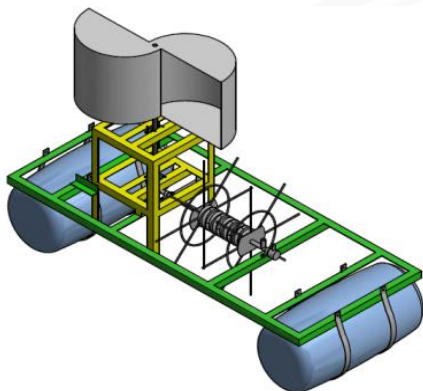
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian



BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancangan Struktural dan Fungsional Sistem Aerator Tambak Udang Bertenaga Bayu

Rancangan Aerator tambak udang ini didesain dengan menggunakan *software AutoCad 2010*. Hasil rancangan structural system aerator tambak udang disajikan pada **Gambar 4.1** berikut ini. Pada rancangan ini, digunakan aspek rasio sekitar 0,5 dengan overlap 10%. Sedangkan menurut Menet (2004), aspek rasio yang baik untuk rotor savonius adalah 4 sedangkan overlapnya antara 20-30 %.



Gambar 4.1 Hasil Rancangan Sistem Aerator

Secara fungsional, bagian dari sistem aerator terdiri dari:

1. Kincir angin savonius, berfungsi sebagai penggerak alat ketika terhembus oleh angin.
2. Kerangka penyangga, berfungsi sebagai tempat dudukan kincir angin dan kincir air.

3. Poros, berfungsi sebagai penerus daya dari kincir ke gigi differential.
4. Differential gear, berfungsi sebagai transmisi gerak dari putaran As pada kincir angin ke pipa spiral.
5. Kolam uji, berfungsi sebagai tempat pengujian alat.

4.2 Hasil Rancang Bangun Sistem Aerator Tambak Udang Bertenaga Bayu

Hasil dari rancang bangun sistem aerator tambak udang ini, secara garis besar memiliki 5 bagian. Bagian-bagian tersebut diantaranya adalah kincir angin sebagai penggerak alat ketika terhembus oleh angin, kerangka penyangga sebagai tempat menyangga alat, gigi differential sebagai transmisi gerak dari putaran As pada kincir angin ke pompa spiral, pompa spiral sebagai pengambil air, serta drum sebagai pelampung. Bentuk keseluruhan alat aerator ini dapat dilihat pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.2 Aerator Bertenaga Bayu

4.2.1 Rancangan Kincir Angin

Kincir angin merupakan alat yang digunakan dalam sistem konversi energy angin. Dimana kincir angin ini berfungsi merubah energi kinetic angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Jenis kincir angin yang digunakan dalam penelitian ini adalah kincir angin sumbu vertical, yaitu savonius tipe-u. Kincir angin ini memiliki dua bilah sudu horizontal seperti huruf U dengan overlap 10. Bahan yang digunakan dalam pembuatan kincir angin adalah besi sebagai kerangka, serta plat galvalum sebagai lapisannya. Kincir ini memiliki poros berbentuk besi silinder yang dihubungkan dengan differensial gear dengan ukuran diameter 60 cm dan tinggi 50 cm. kincir angin ini dihubungkan dengan pipa besi dengan diameter 1 inci sepanjang 75 cm. Bentuk dari kincir angin ini, dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



Gambar 4.3 Kincir Angin Savonius Tipe-U

4.2.2 Gigi Differensial

Gigi differensial berfungsi sebagai transmisi gerak dari putaran As pada kincir angin ke pompa spiral. Pada penelitian ini, besarnya perbandingan gear yang digunakan adalah 1:10. Perbandingan tersebut disesuaikan dengan kondisi angin yang ada di wilayah Tambak Desa Wedani yang tidak terlalu besar. Bentuk dari gigi differensial ini, dapat dilihat pada **Gambar 4.4**



Gambar 4.4 Gigi Differensial

4.2.3 Pompa Spiral

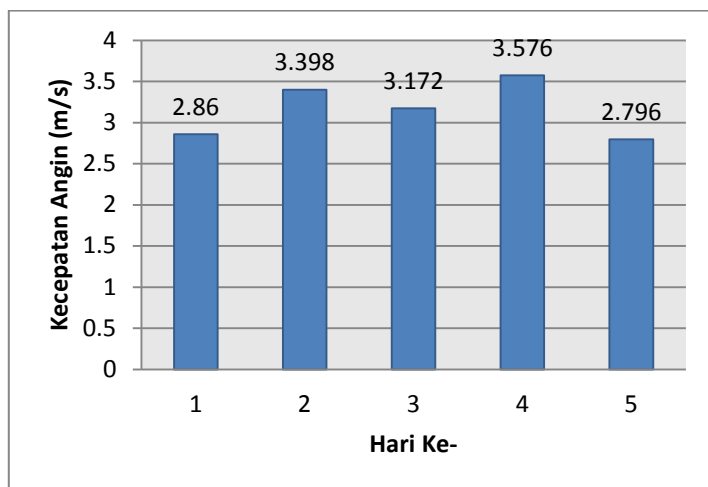
Aerasi adalah proses pemberian kontak udara terhadap permukaan badan air, sehingga mampu meningkatkan kandungan oksigen dalam air. Salah satu teknik aerasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah aerasi semprot. Aerasi semprot ini dilakukan dengan menggunakan pompa spiral, yaitu salah satu alat pemompa air non-konvensional yang menggunakan sumber energi angin. Prinsip kerja pompa spiral yaitu, air masuk melalui mulut selang yang dilingkarkan pada tabung. Ketika tabung diputar, air masuk kemudian berjalan sepanjang selang yang digulung hingga berakhir pada bagian nozzle untuk disemprotkan keluar. Pada penelitian ini, pompa spiral adalah gabungan dari kincir air dengan lilitan selang. Untuk kincir airnya sendiri terbuat dari pipa besi dengan diameter 40 cm dan panjang 40 cm. Pada bagian kincir ini dipasang sebuah besi panjang dengan diameter 1 cm yang berjumlah 8 buah mengelilingi lingkaran. Selanjutnya dililitkan selang dengan diameter 1 inchi membentuk 10 jumlah lilitan pada bagian tengah kincir tersebut. Bentuk dari pompa spiral ini, dapat dilihat pada **Gambar 4.5**



Gambar 4.5 Pompa Spiral

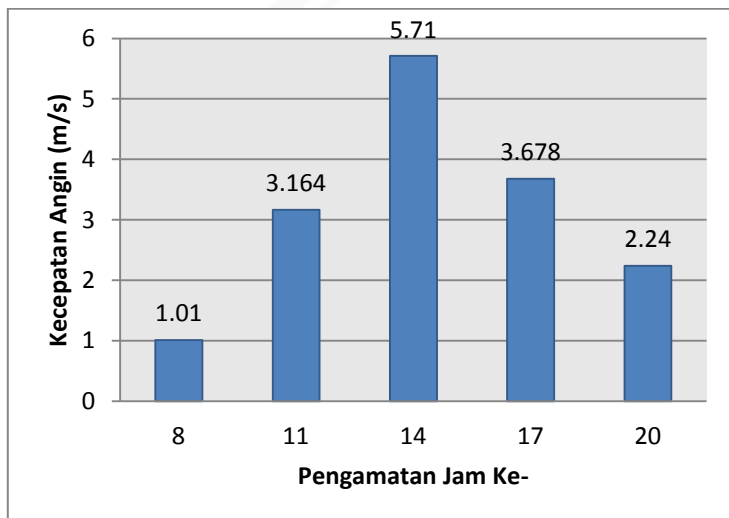
4.3 Hasil Pengukuran Potensi Angin

Hasil pengukuran potensi angin yang tersedia, dilakukan selama 5 hari berturut-turut. Dimana setiap harinya dilakukan pengukuran sebanyak 5 kali yaitu pada pukul 08.00, 11.00, 14.00, 17.00, dan 20.00. Dari hasil pengukuran tersebut, dapat diketahui bahwa besarnya potensi angin yang tersedia di wilayah tambak Desa Wedani Kecamatan Cerme Kabupaten Gresik berkisar antara 0,45 – 6,71 m/s dengan kecepatan angin rata-rata yang diperoleh sebesar 3.16 m/s. Dari hasil pengukuran kecepatan angin setiap harinya, dapat diketahui bahwa kondisi angin di wilayah tambak tersebut tidak selalu sama, akan tetapi perbedaannya juga tidak terlalu signifikan. Pengukuran kecepatan angin ini berfungsi untuk mengetahui besarnya potensi angin yang ada, serta mengetahui berapa besar tingkat kecepatan angin yang dapat memutarakan sistem aerator tambak udang bertenaga bayu. Hasil pengukuran rata-rata kecepatan angin selama 5 hari pengamatan, telah disajikan dalam bentuk diagram batang seperti pada **Gambar 4.6** berikut ini :



Gambar 4.6 Rata-rata Kecepatan Angin Per Hari Selama Pengamatan

Selanjutnya pada **Gambar 4.7** adalah diagram batang dari rata-rata kecepatan angin setiap waktu selama pengamatan.



Gambar 4.7 Rata-rata Kecepatan Angin Per Waktu Selama Pengamatan

Berdasarkan Gambar 4.6, maka dapat dilihat bahwa setiap hari kecepatan angin yang bertiup tidak selalu sama. Misalnya kecepatan angin minimum rata-rata, terjadi pada pengukuran angin hari ke lima yaitu sebesar 2,796 m/s. Sedangkan untuk kecepatan angin maksimum rata-rata, terjadi pada pengukuran angin hari ke empat yaitu sebesar 3,576 m/s. Selanjutnya pada Gambar 4.7, dapat dilihat bahwa kecepatan angin dalam 5 kali pengamatan setiap harinya juga tidak selalu sama. Misalnya kecepatan angin minimum rata-rata, terjadi pada pengukuran angin jam 08.00 yaitu sebesar 1,01 m/s. Sedangkan untuk kecepatan angin maksimum rata-rata, terjadi pada pengamatan data angin jam 14.00 yaitu sebesar 5,71 m/s. Perbedaan kecepatan angin tersebut, dikarenakan tekanan udara yang berbeda tiap jamnya. Salah satu factor yang mempengaruhi kecepatan angin adalah tekanan, gaya coriolis, kekuatan geseran dan sentrifugal, serta suhu udara. Hal ini dikarenakan faktor pendorong bergeraknya massa udara adalah karena adanya perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat lainnya. Perbedaan tekanan udara tersebut disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari.

Apabila data kecepatan angin tersebut ditinjau dari tabel skala beaufort (Tabel 2.1), maka dapat diketahui bahwa kecepatan angin diwilayah tambak ini termasuk diantara skala beaufort 3 - 4 yaitu pada kecepatan angin yang berkisar antara 12 - 19 km/jam dan 20 - 28 km/jam dimana sifat anginnya adalah angin lemah (*gentle breeze*) dan Angin sedang (*moderate breeze*). Akibat kekuatan angin yang ditimbulkan dari kecepatan angin menurut skala beaufort tersebut adalah daun dan ranting-ranting kecil terus menerus bergerak, debu dan kertas-kertas tertiup, serta ranting dan cabang bergerak. Skala *beaufort* 3 - 4 yaitu sama dengan kecepatan angin antara 0,8 - 7,6 m/s.

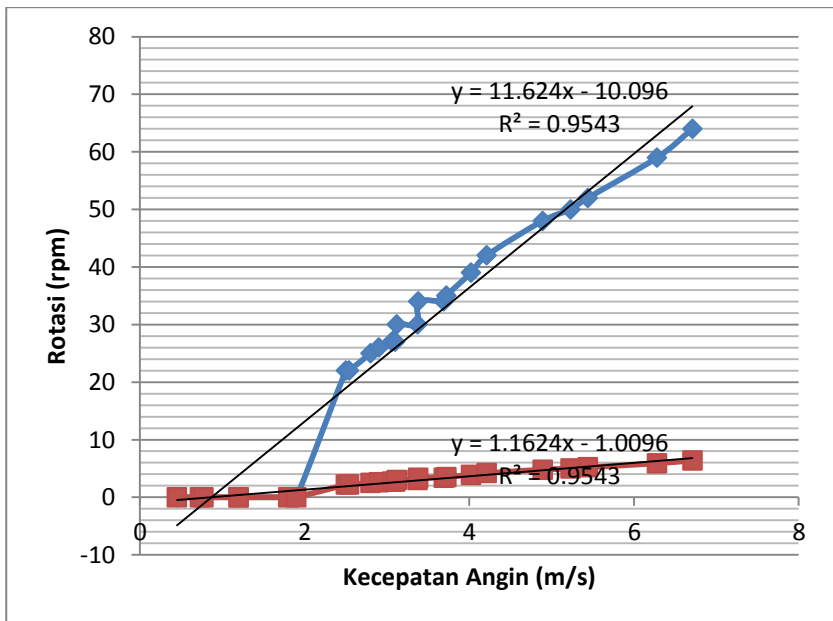
4.4 Jumlah Putaran Kincir Angin dan Pompa Spiral (Rpm)

Pengukuran jumlah putaran kincir angin dan pompa spiral, juga dilakukan selama 5 hari. Dimana setiap harinya dilakukan sebanyak 5 kali pengukuran pada waktu yang sama yaitu pukul 08.00, 11.00, 14.00, 17.00, dan 20.00. Pemilihan waktu pengambilan data tersebut, disesuaikan dengan kondisi angin yang berbeda setiap waktunya. Pengukuran jumlah putaran (Rpm), diukur dengan menggunakan Tachometer. Hasil pengukuran besarnya kecepatan angin (m/s) dan jumlah kecepatan putar (rpm) pada kincir angina dan juga pompa spiral selama pengamatan dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

Dari hasil pengukuran tersebut, maka dapat diketahui besarnya kecepatan rotasi pada pompa spiral. Dimana pompa spiral ini dihubungkan dengan kincir angin melalui gigi differensial dengan perbandingan 1:10. Perbandingan tersebut disesuaikan dengan kondisi angin yang ada, dimana kecepatan angin di daerah tambak Desa Wedani Kecamatan Cerme tidak terlalu besar. Sehingga digunakan rasio perbandingan gigi differensial yang lebih besar, supaya dapat meringankan putaran pada kincir angina dan pompa spiral. Dari pengukuran tersebut, diketahui bahwa jumlah putaran rata-rata kincir angin selama 5 hari pengamatan sebesar 26,64 rpm sehingga jumlah putaran pompa spiralnya sebesar 2,664 rpm.

Pada tabel tersebut juga diketahui bahwa kincir angin mulai bergerak pada kecepatan angin 2,5 m/s yang nilai rotasi kincir anginnya sebesar 22 rpm dengan pompa spiral sebesar 2,2 rpm. Sedangkan pada kecepatan dibawah 2,5 m/s kincir angin tidak bergerak, sehingga pompa spiralnya juga tidak bergerak. Dengan begitu tidak terjadi proses aerasi. Kemudian untuk kecepatan putar kincir angin maksimumnya terjadi pada pengukuran hari ke empat pukul 14.00 dengan kecepatan angin sebesar 6,71 m/s sehingga menghasilkan nilai rotasi kincir angin sebesar 64 rpm dan rotasi pompa spiral 6,4 rpm.

Hasil pengukuran yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa kecepatan angin terbesar setiap harinya terjadi pada pukul 14.00. Sedangkan kecepatan angin terendah terjadi setiap pukul 08.00. Perbedaan tersebut, disebabkan karena suhu dan tekanan yang berbeda. Dengan begitu akan dihasilkan putaran kincir angin dan pompa spiral yang berbeda juga. Berikut ini disajikan hubungan antara jumlah putaran kincir angin dan jumlah putaran pompa spiral dengan kecepatan angin pada **Gambar 4.8**. Grafik hubungan tersebut, berfungsi untuk mengetahui pengaruh antara kecepatan angin dengan rotasi pada kincir angin dan pompa spiral.



Gambar 4.8 Hubungan Antara Kecepatan Angin dengan Rotasi (Rpm)

Gambar tersebut, dapat diketahui bahwa besarnya rotasi kincir angin dan pompa spiral ditentukan oleh besarnya potensi angin yang tersedia. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kincir angin dan pompa spiral mulai bergerak pada kecepatan angin diatas 2,5 m/s. Hubungan dari kecepatan angin dan rotasi putar adalah berbanding lurus, semakin besar kecepatan angin, maka semakin besar pula putaran kincir angina dan pompa spiralnya. Hasil dari penelitian ini sudah sesuai dengan literature yang ada, dimana apabila kecepatan anginnya besar, maka putaran rotasinya juga semakin besar. Sedangkan apabila kecepatan anginnya kecil, maka putaran kincir angina dan pompa spiralnya juga semakin kecil (Zulfikar, 2011).

4.5 Kecepatan Putar Teoritis dan Reduksi Putar Turbin

Setelah memperoleh data kecepatan angin beserta rotasi putar, selanjutnya dilakukan perhitungan kecepatan putar teoritis dan reduksi putar turbin. Kecepatan putar teoritis dihitung dengan menggunakan rumus Persamaan (1) yang terdapat dihalaman 25. Dimana telah diketahui bahwa v adalah kecepatan angin yang diukur dengan Windmeter, sedangkan D adalah diameter dari turbin angin yaitu sebesar 60 cm. Selanjutnya adalah reduksi putar turbin yang dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan (2) yang terdapat pada halaman 25. Dimana N_A adalah kecepatan putar actual atau kecepatan angin alami yang diukur menggunakan alat Tachometer, sedangkan N_T adalah hasil dari perhitungan kecepatan putar teoritis. Dari perhitungan tersebut, maka didapatkan data pada **Tabel 4.1** berikut ini :

Tabel 4.1 Data Kecepatan Putar Teoritis dan Reduksi Putar Turbin

Hari Ke	Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar Teoritis	Reduksi Putar Turbin
1	08.00	0,45	0,14	3,21
	11.00	2,54	0,81	3,14
	14.00	5,44	1,73	3,14
	17.00	3,37	1,07	3,15
	20.00	2,5	0,8	3,13
2	08.00	0,77	0,25	3,08
	11.00	3,12	0,99	3,15
	14.00	6,28	2	3,14
	17.00	4,02	1,28	3,14
	20.00	2,8	0,89	3,15
3	08.00	1,9	0,61	3,11
	11.00	3,06	0,97	3,15
	14.00	4,89	1,56	3,13
	17.00	4,21	1,34	3,14
	20.00	1,8	0,57	3,16
4	08.00	1,2	0,38	3,16
	11.00	3,38	1,08	3,13
	14.00	6,71	2,14	3,14
	17.00	3,69	1,18	3,13
	20.00	2,9	0,92	3,15
5	08.00	0,73	0,23	3,17
	11.00	3,72	1,18	3,15
	14.00	5,23	1,67	3,13
	17.00	3,1	0,99	3,13
	20.00	1,2	0,38	3,16
Rata-rata		3,1604	1,01	3,14

Dari tabel tersebut, dapat diketahui bahwa, rata-rata kecepatan putar teoritisnya sebesar 1,01 rpm dengan rata-rata reduksi turbinnya sebesar 3,14. Data tersebut menunjukkan bahwa kecepatan putar teoritis maksimal berada pada pengamatan hari ke empat jam 14.00 dengan nilai sebesar 2,14 rpm. Sedangkan kecepatan putar teoritis minimal terjadi pada hari ke satu jam 08.00 dengan nilai sebesar 0,14 rpm dan reduksi putar turbin sebesar 3,21.

4.6 Energi Angin Teoritis dan Energi Angin Actual

Dari hasil pengukuran potensi angin selama penelitian berlangsung, maka didapatkan besarnya rata-rata potensi angin yang tersedia yaitu sebesar 3,16 m/s. Sehingga untuk mengetahui besarnya energi angin teoritis, dapat dihitung dengan rumus Persamaan (3) yang terdapat pada halaman 26. Dimana ρ adalah massa jenis udara, sedangkan D adalah diameter turbin angin, t_1 adalah panjang turbin, dan v adalah kecepatan angin. Besarnya energi kincir angin yang diperoleh adalah besarnya kemampuan angin dalam menggerakkan kincir angin sehingga mampu memutar pompa spiral. Dari perhitungan tersebut, diperoleh energi angin teoritis sebesar 56.798,09 Joule atau setara dengan 15,79 Wh.

Selain menghitung energi angin teoritis, selanjutnya adalah menghitung energi angin aktual dengan menggunakan rumus Persamaan (4) yang terdapat pada halaman 26. Untuk mengetahui energi angin actual, diasumsikan bahwa effisiensinya sebesar 59,3%. Dimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa menurut park (1981), efisiensi maksimal yang dapat dihasilkan oleh kincir angin savonius adalah sekitar 59,3 %. Dari perhitungan tersebut, maka diperoleh energi angin actual sebesar 33.681,27 Joule atau setara dengan 9,36 Wh.

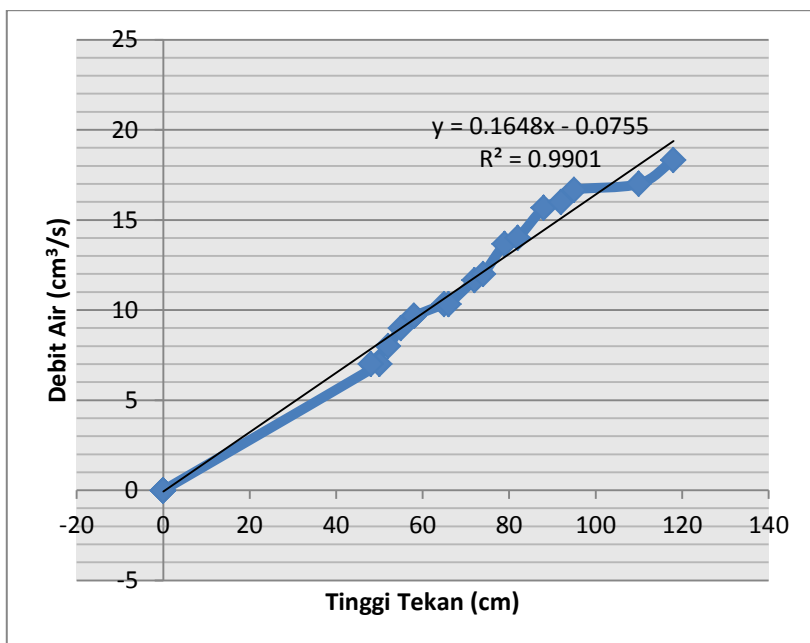
4.7 Debit Air dan Tinggi Tekan

Debit aliran adalah volume air tiap satuan waktu. Pada penelitian ini, debit air yang diukur adalah volume air yang keluar dari pompa spiral pada proses aerasi. Dimana pada proses aerasi ini, pompa spiral akan bekerja dengan mengambil air dari tambak udang untuk disemprotkan ke udara. Air yang masuk kedalam pompa spiral, akan berputar dan bergerak sehingga mengalami penambahan tekanan dan kecepatan. Dengan begitu, air akan disemprotkan melalui nozzle.

Apabila jumlah putaran pompa spiral semakin banyak, maka debit airnya juga semakin banyak, sehingga semprotan air yang keluar juga semakin tinggi. Debit aliran menunjukkan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampung tiap satuan waktu, biasa dirumuskan $Q = \frac{V}{t}$. Sehingga pada pengujian debit aliran ini, cara mengukurnya adalah dengan menampung volume air yang keluar dari nozzle dengan menggunakan wadah tiap satuan waktu. Sedangkan untuk mengukur tinggi tekan, dilakukan dengan cara mengukurnya menggunakan roll meter. Ketika air dari nozzle keluar, maka diukur tingginya semprotan air dengan menggunakan galah atau roll meter. Data dari pengujian tersebut, dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, dapat diketahui bahwa rata-rata kecepatan anginnya adalah 3,16 m/s. Dari kecepatan angin tersebut, dapat menghasilkan debit aliran sebesar 8,42 cm³/s dengan tinggi tekannya sebesar 52,8 cm. Sedangkan pada kecepatan angin minimal yang mampu memutar kincir angin dan pompa spiral sebesar 2,5 m/s. Dari kecepatan angin tersebut, dihasilkan debit air sebesar 7 cm³/s dengan tinggi tekannya sebesar 48 cm. Sedangkan kecepatan angin dibawah 2,5 m/s, debit air dan tinggi semprotan yang dihasilkan adalah 0. Hal ini dikarenakan kincir angin dan pompa spiralnya tidak mampu bergerak, sehingga tidak ada debit air dan semprotan air yang keluar dari nozzle. Sedangkan untuk kecepatan angin maksimumnya adalah sebesar 6,71 m/s. Besarnya kecepatan angin tersebut menghasilkan debit aliran 18,33 cm³/s dengan tinggi tekannya sebesar 118 cm.

Dari tabel tersebut, dapat diketahui bahwa debit maksimalnya sebesar $18,33 \text{ cm}^3/\text{s}$ dengan tinggi tekan sebesar 118 cm. Hasil pengukuran debit dan tinggi tekan selama 5 hari tersebut, dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa sistem aerator ini dapat berjalan diatas kecepatan angin 2,5 m/s, sedangkan dibawah kecepatan angin tersebut, maka sistem aeratornya tidak berjalan. Dengan begitu tidak ada air yang masuk melalui pompa spiral, serta tidak ada air yang keluar melalui nozzle. Berikut ini dapat dilihat grafik hubungan antara debit air dengan tinggi tekan pada **Gambar 4.9** berikut ini:



Gambar 4.9 Hubungan Debit Air dengan Tinggi Tekan

Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa hubungan antara debit air dengan tinggi tekan adalah berbanding lurus. Dimana semakin besar debit air yang keluar dari nozzle, maka tinggi tekan yang dihasilkan juga semakin banyak. Dari grafik tersebut, dapat diketahui bahwa debit maksimalnya sebesar $18,33 \text{ cm}^3/\text{s}$ dengan tinggi tekan sebesar 118 cm. Sedangkan debit minimalnya adalah $0 \text{ cm}^3/\text{s}$ dengan tinggi tekan sebesar 0 cm.

4.8 Oksigen Terlarut (DO)

Pengujian oksigen terlarut ini dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh peralatan aerator terhadap kandungan oksigen terlarut dalam air. Sehingga dengan adanya peralatan aerator ini, maka dapat meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air tersebut. Pengujian sampel air dilaksanakan langsung ditambah air yang telah diberi sekat yang terbuat dari plastik dengan kayu sebagai rangka penyangganya. Adapun luasnya adalah $300 \text{ cm} \times 300 \text{ cm}$ dengan kedalaman air 100 cm, dan kedalaman pompa spiral yang tercelup kedalam air sebesar 20 mm. Pada penelitian ini, digunakan alat DO meter untuk mengukur kandungan oksigen terlarut dalam air, dimana dari hasil uji sampel air tersebut didapatkan rata-rata kandungan oksigen terlarut selama 5 hari yang dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

Tabel 4.2 Rata-rata Hasil Pengukuran DO Selama 5 Hari Pengamatan

Hari Ke	Kecepatan Angin (m/s)	DO sebelum aerasi (mg/L)	DO setelah aerasi (mg/L)	Peningkatan DO (mg/L)
1	2,86	5,36	7,3	1,94
2	3,398	5,54	7,9	2,36
3	3,172	5,56	7,44	1,88
4	3,576	5,58	8,04	2,46
5	2,796	5,5	7,26	1,76
Rata-rata	3,16	5,508	7,588	2,08

Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa adanya perbedaan kandungan oksigen terlarut pada sampel yang belum diaerasi dan sampel yang sudah diaerasi. Rata-rata kandungan oksigen terlarut pada sampel yang belum diaerasi adalah sebesar 5,508 mg/L, sedangkan kandungan oksigen terlarut pada sampel yang sudah diaerasi adalah sebesar 7,588 mg/L. Pada sampel air yang sudah diaerasi, mengalami peningkatan oksigen terlarut sebesar 2,08 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan oksigen dalam air, maka proses aerasi dengan *spiral pump* aerator ini sudah berjalan dengan baik. Akan tetapi proses aerasi ini juga bergantung dengan kondisi angin yang kurang menentu, sehingga kandungan oksigen terlarutnya juga mengalami kenaikan yang tidak terlalu signifikan. Dimana selama 5 hari pengamatan tersebut, diketahui bahwa peningkatan kandungan oksigen terlarut paling besar terjadi pada hari ke 4 dengan peningkatan sebesar 2,46 mg/L.

Dari pengukuran tersebut, diketahui bahwa pada kecepatan angin sebesar 2,86 m/s mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut sebesar 1,94 mg/L. Kemudian pada kecepatan angin 3,398 m/s mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut sebesar 2,36 mg/L. Pada kecepatan angin 3,576 m/s mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut sebesar 1,88 mg/L. Pada kecepatan angin 3,576 m/s mampu meningkatkan kandungan oksigen sebesar 2,46 m/s. Selanjutnya pada kecepatan 2,796 m/s mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut sebesar 1,76 m/s.

Besarnya peningkatan oksigen terlarut minimum terjadi pada hari ke lima yaitu sebesar 1,76 mg/L Sedangkan untuk peningkatan oksigen terlarut maksimum terjadi pada hari ke empat yaitu sebesar 2,46 mg/L. Besar kecilnya peningkatan oksigen terlarut, dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti

kecepatan putar pompa spiral, kondisi angin dan cuaca, serta besarnya diameter dan panjang pompa spiral yang digunakan.

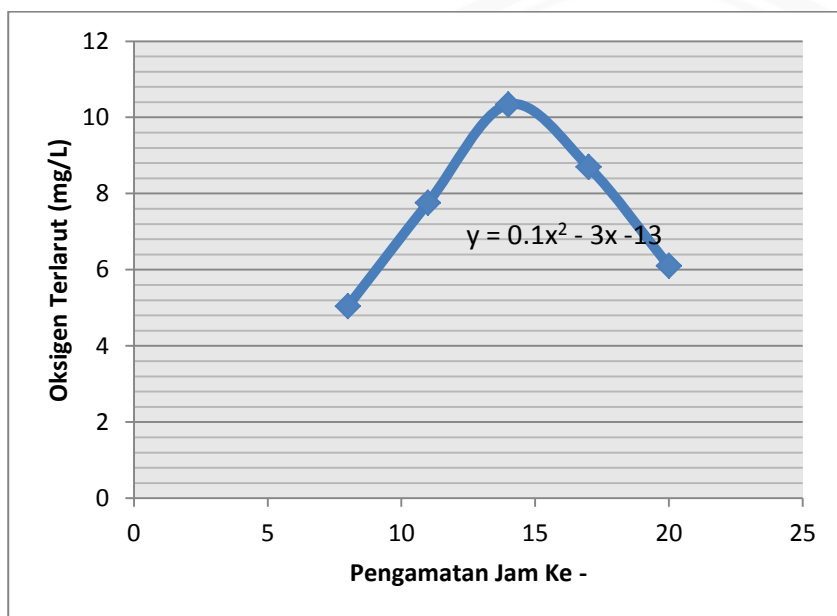
Perbedaan waktu pengamatan, juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kandungan oksigen dalam air tambak. Hal ini dapat dilihat dari pengujian yang telah dilakukan, dimana digunakan 5 waktu pengamatan yang berbeda, rata-rata hasil pengukuran air yang telah diaerasi dapat dilihat pada **Tabel 4.3**

Tabel 4.3 Rata-rata Hasil Pengukuran DO Tiap Waktu

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	DO sebelum aerasi (mg/L)	DO setelah aerasi (mg/L)	Peningkatan DO (mg/L)
08.00	1,01	5,04	5,04	0
11.00	3,164	5,66	7,76	2,1
14.00	5,71	5,7	10,34	4,64
17.00	3,678	5,96	8,7	2,74
20.00	2,24	5,18	6,1	0,92
Rata-rata	3,16	5,508	7,588	2,08

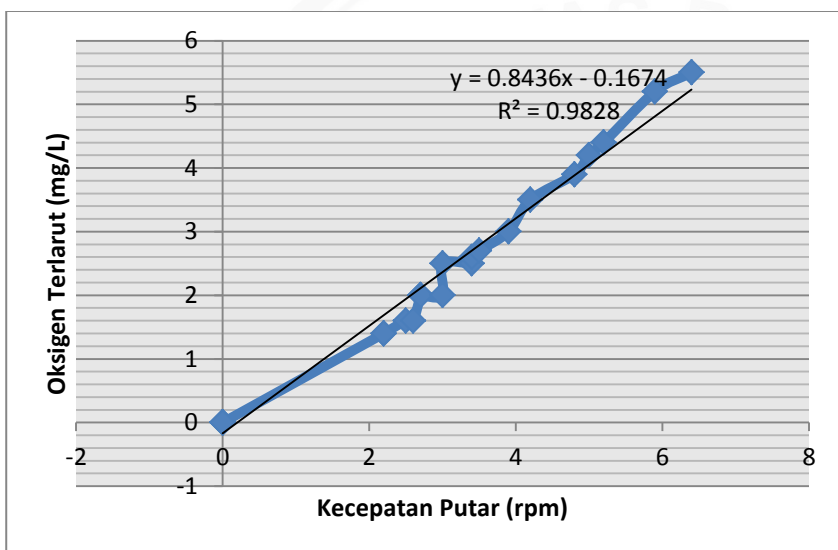
Dari tabel tersebut, dapat diketahui bahwa hasil pengukuran kandungan oksigen terlarut setiap waktunya mengalami perbedaan. Perbedaan tersebut terjadi karena pada setiap waktu yang telah ditetapkan memiliki kondisi kecepatan angin yang berbeda, serta intensitas penyinaran matahari yang berbeda pula. Dimana nilai peningkatan oksigen terlarut minimum terjadi pada jam 08.00 sebesar 0 mg/L (tidak mengalami peningkatan oksigen terlarut), hal ini dikarenakan rata-rata pada jam tersebut kecepatan angin yang ada hanya berkisar 1,01 m/s, tidak mampu menggerakkan aerator pompa spiral ini. Sedangkan nilai maksimum terjadi pada jam 14.00 dengan kecepatan anginnya 5,71 m/s dan peningkatan oksigen terlarut mencapai 4,64 mg/L. Hal ini dikarenakan tingkat kecepatan angin terbesar, terjadi mulai pukul 14.00 - 17.00, Sehingga oksigen terlarutnya juga semakin besar.

Selain itu, rentang waktu tersebut, intensitas penyinaran matahari berada di titik maksimum. Sehingga menyebabkan proses fotosintesis organisme dalam air juga berlangsung maksimum, dimana telah diketahui bahwa proses fotosintesis menghasilkan oksigen yang kemudian terlarut dalam air. Sedangkan pada pukul 08.00, kandungan oksigen terlarutnya sangat rendah dan kecepatan anginnya juga kecil. Hal ini dikarenakan selain kecepatan angin yang rendah, pada saat rentang waktu antara 20.00 – 08.00 intensitas penyinaran matahari juga rendah, sehingga proses fotosintesisnya rendah. Dengan begitu tidak ada tambahan oksigen dalam air, sehingga kandungan oksigen terlarutnya lebih sedikit dibandingkan pada siang hari. Berikut ini dapat dilihat hubungan antara waktu pengamatan dengan oksigen terlarut (mg/L) pada **Gambar 4.10**



Gambar 4.10 Grafik Hubungan DO dengan Waktu Pengamatan

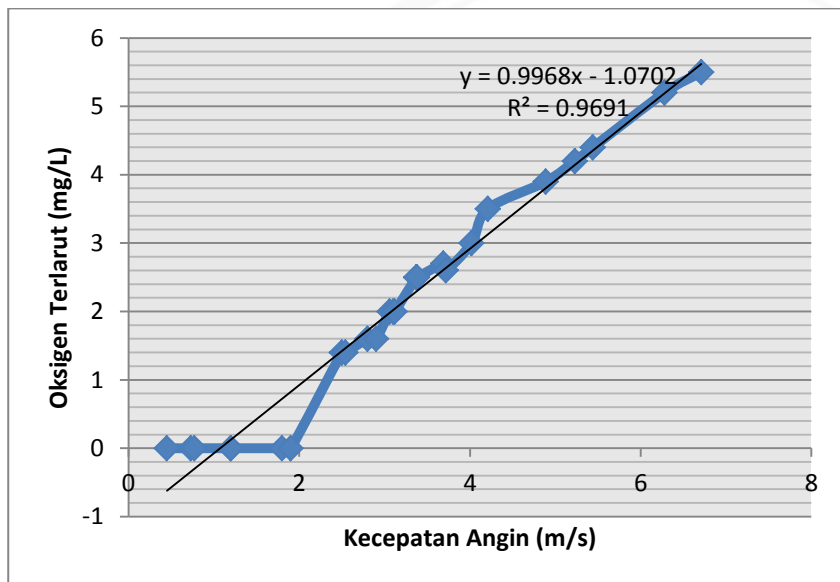
Grafik tersebut merupakan hubungan antara oksigen terlarut dengan waktu selama pengamatan, dimana grafik tersebut menunjukkan hasil yang fluktuatif. Hal ini dapat dilihat bahwa pada saat jam 08.00 nilai oksigen terlarut tidak mengalami peningkatan karena aeratornya tidak berjalan, kemudian pada jam 11.00 - 14.00 oksigen terlarut mengalami peningkatan karena kondisi angin yang cukup memadai serta intensitas cahaya yang semakin besar. Sedangkan pada jam 17.00 kecepatan angin mulai berkurang bersamaan dengan menurunnya intensitas penyinaran matahari, sehingga kandungan oksigen terlarutnya juga mulai menurun. Dan pada jam 20.00 kandungan oksigen terlarut semakin menurun karena kecepatan angin dan intensitas matahari yang semakin kecil. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa, desain ini mampu meningkatkan nilai DO optimal selama 7 jam. Berikut ini dapat dilihat hubungan antara kecepatan putar (rpm) dengan oksigen terlarut (mg/L) pada **Gambar 4.11**



Gambar 4.11 Grafik Hubungan DO dengan Kecepatan Putar

Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa hubungan antara oksigen terlarut dengan kecepatan putar (rpm) adalah berbanding lurus. Dimana semakin besar kecepatan putar, maka kandungan oksigen terlarutnya juga akan semakin besar. Menurut Ferreira *et al.* (2011) konsentrasi minimal DO (oksigen terlarut) yang dibutuhkan spesies udang agar dapat bertahan hidup adalah sebesar 4–6 mg/L, sedangkan kandungan DO yang optimal bagi udang berkisar antara 7-11 mg/L. Pertumbuhan udang akan terhambat jika kadar DO kurang dari 2 mg/L. Namun dengan adanya alat aerator bertenaga bayu ini, kualitas air tambak udang dapat mencapai DO yang optimum tanpa menggunakan tenaga listrik.

Sedangkan grafik hubungan antara oksigen terlarut (mg/L) dengan kecepatan angin (m/s) dapat dilihat pada **Gambar 4.12** berikut ini:



Gambar 4.12 Grafik Hubungan DO dengan Kecepatan Angin

Dari penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa aerator bertenaga bayu ini mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut sekitar 2,08 mg/L. Sehingga alat aerator ini layak untuk diaplikasikan pada tambak udang. Hal ini dikarenakan konsentrasi minimal DO (oksigen terlarut) yang dibutuhkan spesies udang agar dapat bertahan hidup adalah sebesar 4–6 mg/L, sedangkan kandungan DO yang optimal bagi udang berkisar antara 7-11 mg/L. Pertumbuhan udang akan terhambat jika kadar DO kurang dari 2 mg/L. Namun dengan adanya alat aerator bertenaga bayu ini, kualitas air tambak udang dapat mencapai DO yang optimum tanpa menggunakan tenaga listrik.

Pada penelitian ini juga menunjukkan, bahwa pada kecepatan angin sebesar 2,86 m/s mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut sebesar 1,94 mg/L. Kemudian pada kecepatan angin 3,398 m/s mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut sebesar 2,36 mg/L. Pada kecepatan angin 3,576 m/s mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut sebesar 1,88 mg/L. Pada kecepatan angin 3,576 m/s mampu meningkatkan kandungan oksigen sebesar 2,46 m/s. Selanjutnya pada kecepatan 2,796 m/s mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut sebesar 1,76 m/s.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa aerator tambak udang bertenaga bayu ini sudah dapat berfungsi dengan baik. Sehingga alat ini sudah bisa dimanfaatkan oleh para petani tambak udang dalam meningkatkan kualitas air tambak, khususnya oksigen terlarut.



BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian rancang bangun sistem aerator tambak udang bertenaga bayu, maka dapat di simpulkan :

1. Dari pengujian yang telah dilakukan selama 5 hari, dapat diketahui bahwa rata-rata kecepatan angin yang tersedia sebesar 3,16 m/s, dengan jumlah putaran kincir angin sebesar 26,64 rpm dan jumlah putaran pompa spiral sebesar 2,664 rpm. Dari pengukuran tersebut, dapat diketahui bahwa hubungan antara kecepatan angin dengan jumlah putaran (rpm) adalah berbanding lurus. Dimana semakin besar kecepatan angin yang ada, maka putaran kincir angin dan pompa spiral juga semakin besar. Sedangkan untuk besarnya energi angin teoritis yang diperoleh adalah 15,79 Wh dan besarnya energi angin actual adalah 9,36 Wh.
2. Besarnya debit air pada aerator ini rata-rata sebesar 8,42 cm³/s dengan rata-rata tinggi tekannya sebesar 52,8 cm. Data tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara debit air dengan tinggi tekan adalah berbanding lurus, dimana apabila debit airnya besar, maka tekanannya juga semakin tinggi.
3. Pengujian ini dilakukan di tambak udang dengan luas 300 cm x 300 cm dengan kedalam 100 cm. Dari pengujian dengan DO meter, diperoleh bahwa kondisi oksigen terlarut pada sampel yang belum diaerasi adalah sebesar 5,508 mg/L sedangkan pada sampel yang sudah diaerasi adalah sebesar 7,588 mg/L. Dari hasil tersebut, dapat diketahui bahwa oksigen terlarut mengalami peningkatan 2,08 mg/L.

5.2 Saran

Adapun saran atau masukan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan penggunaan rasio perbandingan gigi differensial yang lebih rendah dari 1:10..
2. Pada penelitian ini, nilai aspek rasionya 0,5. Sedangkan *Aspect ratio* (α) yang optimal untuk rotor savonius adalah 4, sehingga perlu ditingkatkan nilai aspek rasio untuk meningkatkan daya kincir angin.
3. Begitu juga untuk rasio overlapnya, dimana pada penelitian ini digunakan 10%. Sedangkan *Overlap ratio* (β) yang optimal rotor savonius adalah 20-30%, sehingga perlu ditingkatkan nilai aspek rasio untuk meningkatkan daya kincir angin.
4. Bahan dari pompa spiral yang digunakan, sebaiknya lebih ringan dan diameternya lebih kecil. Karena hal ini bisa membantu mengurangi beban putar.
5. Aerator ini bergerak dengan kecepatan angin, sehingga perlu ditambahkan dengan reservoir atau tandon air untuk penyimpanan air sementara.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Taslim, Syahrial N.A, Yulius, dan Dino G. 2012. **Riset Pendekatan Ekologi-Ekonomi untuk Peningkatan Produktivitas Pertambakan Udang di Kawasan Selat Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan**. Jakarta: PKKP Riset untuk Kesejahteraan.
- Ali, Mohammed Hadi. 2013. **Exparimental Comparison Study for Savonius Wind Turbine of Two and Three Blades at Low Wind Speed**. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) 3(5): 2978-2986.
- Daryanto, Y. 2005. **Potensi, Peluang dan Tantangan Energi Angin di Indonesia**. Tangerang: BPPT.
- Daryanto, Y. 2007. **Kajian Potensi Angin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu**. Yogyakarta: Balai PPTAGG-UPT-LAGG.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya . 2014. **Udang Vaname dan Udang Windu Masih Andalan Ekspor Indonesia**. Diakses pada tanggal 7 November 2017. <http://www.djpb.kkp.go.id>.
- Dida, Hero P. 2016. **Pemetaan Potensi Energi Angin di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuikScat dan WindSat**. Jurnal Rekayasa Mesin 7(2): 95-101.
- Edahwati, Luluk. 2009. **Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan**. Jurnal Teknik Lingkungan Vol 1(2).

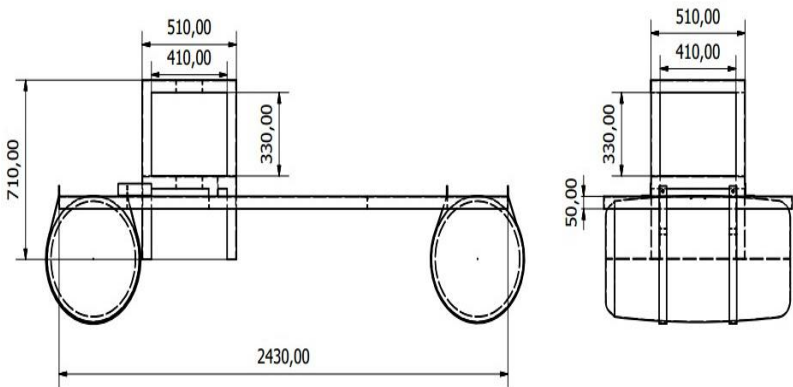
- Farid, Ahmad. 2013. **Pemanfaatan Potensi Angin Pesisir Kota Tegal Sebagai Penerangan Jalan**. Tegal: Universitas Pancasakti.
- Ferreira, N.C, C. Bonnetti, and W.Q. Seiffert. 2011. **Hydrological and Water Quality Indices as Management Tools in Marine Shrimp Culture**. Aquaculture 318: 425–433.
- Gary L, Jensen, et all. 2008. **Types and Uses of Aeration Equipment**. Diakses pada tanggal 4 September 2017. [Http://osufacts.okstate.edu](http://osufacts.okstate.edu).
- Ikeda, T. 2008. **Performance of Doublestep of Savonius Rotor for Environmentally Friendly Hydraulic Turbine**. Journal of Fluid Mechanics and Technology 3(3): 410.
- Kassab, Sadek. A Naby and El Sayed I.A.B. 2005. **Coil Pump Performance Under Variable Operating Conditions**. Ninth International Water Technology Conference.
- Kassab, Sadek. A Naby and El Sayed I.A.B. 2006. **Performance Of Multilayer Coil Pump**. Tenth International Water Technology Conference, IWTC10.
- Kumar, Avinash, Sanjib Moulick, and B.C Mal. 2013. **Selection of Aerators for Intensive Aquacultural Pond**. Aquacultural Engineering 56: 71– 78.
- Lutfi, Fachrudin S. 2013. **Rancang Bangun Turbin Angin Vertical Jenis Savonius Dengan Variasi Jumlah Stage Dan Phase Sift Angle Untuk Memperoleh Daya Maksimum**. Surabaya: Institut Teknologi Surabya.

- Martino, Martini., Aristide M and Antonius S. 1992. **Performance of Vertical Axis Wind Turbines with Different Shapes.** Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamic. PP 83-93.
- Menet, J L. 2004. **A Diuble Step Savonius Rotor For Local Production of Electricity : A Design Study.** Journal of Renewable Energy. 29: 1843-1862.
- Nakhoda, Yusuf I. 2015. **Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel.** Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Napitupulu, Farel H., Mauritz, Fritz. 2013. **Uji Eksperimental Dan Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Dan Putaran Turbin Angin Vertical Axis Savonius Dengan Menggunakan Sudu Pengarah.** Jurnal Dinamis Vol 2(12).
- Nugraha,. Wildan,. Aktama,. Dipa Catur dan Fathur R. 2014. **Eco Wind and Solar Aerator Penerapan Teknologi Aerasi pada Lahan Tambak Masyarakat Dipasena Lampung untuk Meningkatkan Daya Tumbuh Udang.** Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Park, J.1981. **The Wind Power Book.** California: Chesire Book.
- Rachmawati, Mentari L. 2010. **Rancang Bangun Kincir Angin Model Savonius Termodifikasi Sebagai Sumber Energy Terbarukan.** Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Rudianto, Daniel T dan Nurfi A. 2016. **Rancang Bangun Turbin Angin Savonius 200 Watt.** Seminar Senatik 2(26).

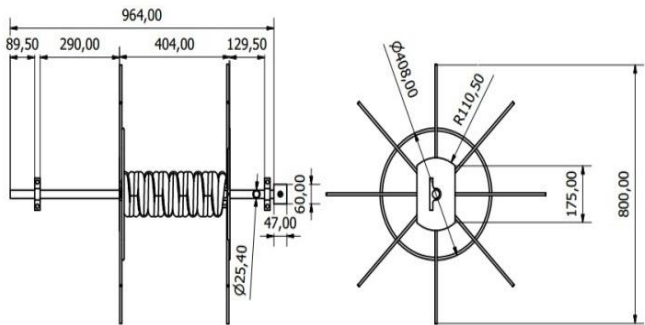
- Sadaaki, K. Isao K dan Jiri. 2003. **Rotor Savonius Patent No : JP2003293938**. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Solichin, M,. Alfian Mizan,. Syamsul,. Sugeng dan Misiran. 1997. **Pengembangan Desain Kincir Aerator Untuk Meningkatkan Produksi Pada Budidaya Tambak Udang**. Jurnal Abdi Masyarakat 14(1): 23-31.
- Sukarmadijaya, H,. Firman Hermana dan Yenny Qurniawati. 2002. **Pengaruh Pembiran dan Peledakan Dinamit pada Kegiatan Survey Seismik Terhadap Kualitas Air dan Tanah**. Jurnal Teknik Lingkungan 8(1):11-21.
- Suyanto, S.R dan Enny P. 2009. **Panduan Budidaya Udang Windu**. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Velazco, Javier M.J.R, Alfredo H.L, and Victor M.G. 2010. **Management of Stocking Density, Pond Size, Starting Time of Aeration, and Duration of Cultivation for Intensive Commercial Production of Shrimp Litopenaeus vannamei**. Aquaculture Engineering 43: 114-119.
- Wartena R, Harun dan Soebandi Sachri. 1987. **Generator Angin (Penjurit Angin)**. Bandung: Bina Cipta.
- Waryono, Rifai Ali dan Gunawan D.H. 1987. **Pengantar Meteorologi dan Klimatologi**. Surabaya : PT Bina Ilmu.
- Zulfikar. 2011. **Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Torsi dan Putaran Turbin Savonius Tipe U**. Jurnal Teknik dan Mesin Vol 8(2).

LAMPIRAN

Lampiran 1 Dimensi Keseluruhan Alat

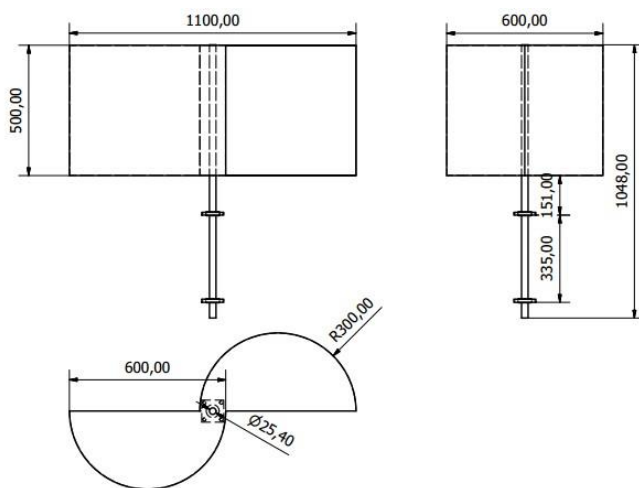


Rancangan Keseluruhan Alat



Dimensi Kincir Air

Lampiran 1 Dimensi Keseluruhan Alat (Lanjutan)



Dimensi kincir Angin

Lampiran 2. Pengukuran Kecepatan Angin dan Jumlah Putaran

Hari Ke	Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Jumlah Putaran (rpm)	
			Kincir Angin	Pompa Spiral
1	08.00	0,45	0	0
	11.00	2,54	22	2,2
	14.00	5,44	52	5,2
	17.00	3,37	30	3
	20.00	2,5	22	2,2
2	08.00	0,77	0	0
	11.00	3,12	27	2,7
	14.00	6,28	59	5,9
	17.00	4,02	39	3,9
	20.00	2,8	25	2,5
3	08.00	1,9	0	0
	11.00	3,06	27	2,7
	14.00	4,89	48	4,8
	17.00	4,21	42	4,2
	20.00	1,8	0	0
4	08.00	1,2	0	0
	11.00	3,38	30	3
	14.00	6,71	64	6,4
	17.00	3,69	34	3,4
	20.00	2,9	26	2,6
5	08.00	0,73	0	0
	11.00	3,72	35	3,5
	14.00	5,23	50	5
	17.00	3,1	34	3,4
	20.00	1,2	0	0
Rata-rata		3,1604	26,64	2,664

Lampiran 3. Data Kecepatan Putar Teoritis dan Reduksi Turbin

Hari Ke	Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar Teoritis	Reduksi Putar Turbin
1	08.00	0,45	0,14	3,21
	11.00	2,54	0,81	3,14
	14.00	5,44	1,73	3,14
	17.00	3,37	1,07	3,15
	20.00	2,5	0,8	3,13
2	08.00	0,77	0,25	3,08
	11.00	3,12	0,99	3,15
	14.00	6,28	2	3,14
	17.00	4,02	1,28	3,14
	20.00	2,8	0,89	3,15
3	08.00	1,9	0,61	3,11
	11.00	3,06	0,97	3,15
	14.00	4,89	1,56	3,13
	17.00	4,21	1,34	3,14
	20.00	1,8	0,57	3,16
4	08.00	1,2	0,38	3,16
	11.00	3,38	1,08	3,13
	14.00	6,71	2,14	3,14
	17.00	3,69	1,18	3,13
	20.00	2,9	0,92	3,15
5	08.00	0,73	0,23	3,17
	11.00	3,72	1,18	3,15
	14.00	5,23	1,67	3,13
	17.00	3,1	0,99	3,13
	20.00	1,2	0,38	3,16
Rata-rata		3,1604	1,01	3,14

Lampiran 4. Pengukuran Debit Air dan Tinggi Tekan

Hari Ke	Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Debit Air (cm ³ /s)	Tinggi Tekan (cm)
1	08.00	0,45	0	0
	11.00	2,54	7	50
	14.00	5,44	16,67	95
	17.00	3,37	10,33	65
	20.00	2,5	7	48
2	08.00	0,77	0	0
	11.00	3,12	9,67	58
	14.00	6,28	17	110
	17.00	4,02	13,67	79
	20.00	2,8	8	52
3	08.00	1,9	0	0
	11.00	3,06	9,67	58
	14.00	4,89	15,67	88
	17.00	4,21	14	82
	20.00	1,8	0	0
4	08.00	1,2	0	0
	11.00	3,38	10,33	66
	14.00	6,71	18,33	118
	17.00	3,69	11,67	72
	20.00	2,9	9	55
5	08.00	0,73	0	0
	11.00	3,72	12	74
	14.00	5,23	16	92
	17.00	3,1	9,67	58
	20.00	1,2	0	0
Rata-rata		3,1604	8,42	52,8

Lampiran 5. Pengukuran Oksigen Terlarut

Hari Ke	Waktu	DO Sebelum Aerasi (mg/L)	DO Setelah Aerasi (mg/L)	Peningkatan DO (mg/L)
1	08.00	4,5	4,5	0
	11.00	5,5	6,9	1,4
	14.00	6,1	10,5	4,4
	17.00	5,9	8,4	2,5
	20.00	4,8	6,2	1,4
2	08.00	4,8	4,8	0
	11.00	5,4	7,4	2
	14.00	6	11,2	5,2
	17.00	6,3	9,3	3
	20.00	5,2	6,8	1,6
3	08.00	5,2	5,2	0
	11.00	5,9	7,9	2
	14.00	5,2	9,1	3,9
	17.00	6,2	9,7	3,5
	20.00	5,3	5,3	0
4	08.00	4,9	4,9	0
	11.00	5,5	8	2,5
	14.00	5,5	11	5,5
	17.00	6,1	8,8	2,7
	20.00	5,9	7,5	1,6
5	08.00	5,8	5,8	0
	11.00	6	8,6	2,6
	14.00	5,7	9,9	4,2
	17.00	5,3	7,3	2
	20.00	4,7	4,7	0
Rata-rata		5,508	7,588	2,08

Lampiran 6. Dokumentasi Alat



Desain Keseluruhan



Desain Kincir Angin

repository.ub.ac.id

Lampiran 6. Dokumentasi Alat (Lanjutan)



Desain Differensial Gear



Desain Pompa Spiral

Lampiran 6. Dokumentasi Alat (Lanjutan)



Desain Kerangka dan Pelampung

Lampiran 7. Dokumentasi Pengujian



Pengujian dengan Tachometer



Pengujian dengan DO Meter

repository.ub.ac.id

Lampiran 7. Dokumentasi Pengujian (Lanjutan)



Pengujian dengan Windmeter



Pengukuran Tinggi Tekan

Lampiran 8. Dokumentasi Kegiatan



Foto Bersama Alat

